Aus der Abteilung für Zahnerhaltung und Parodontologie-Süd
(Leiter: Professor Dr. Dr. Raimund Harndt)
der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie
des Fachbereichs Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

Der Einfluß angesäuerten Tränkwassers auf die Unterkiefermolaren weiblicher Ratten

Dissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
am Fachbereich Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Zahnarzt Wilfried Richter
aus Helmstedt

1985

Duke
Library

Aus der Abteilung für Zahnerhaltung und Parodontologie-Süd
(Leiter: Professor Dr. Dr. Raimund Harndt)
der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie
des Fachbereichs Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

Der Einfluß angesäuerten Tränkwassers auf die Unterkiefermolaren weiblicher Ratten

Dissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
am Fachbereich Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Zahnarzt Wilfried Richter
aus Helmstedt

Referent: Professor Dr. Dr. Raimund Harndt
Korreferent: Professor Dr. Wolfgang Scharmann

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 2. Juli 1985

Meinen Eltern gewidmet

1. Einleitung 7

2. Literaturübersicht 9

2.1. Anatomie, Physiologie und Pathologie der Rattenzähne 9

2.1.1. Inzisiven 11

2.1.2. Molaren 12

2.1.3. Karies der Molaren 15

2.2. Keimreduktion in der Nahrung 18

2.2.1. Futtersterilisation 18

2.2.2. Tränkwasseransäuerung 19

2.3. Schäden an Zähnen und Parodontien 22

3. Eigene Untersuchungen 27

3.1. Vorversuche 27

3.2. Versuchsdurchführung 31

3.2.1. Material und Methode 31

3.2.2. Tränkwasser 33

3.2.3. Versuchsverlauf 37

3.2.4. Versuchsende und Diagnose kariöser Läsionen 39
3.2.5. Keimzahlbestimmung 41

3.3. Versuchsergebnisse und statistische Auswertung 43
3.3.1. pH-Wert Prüfungen 47
3.3.2. Tränkwasserverbrauchsmengen 52
3.3.3. Gewichte der Ratten bei Versuchsende 59
3.3.4. Anzahl und Verteilung kariöser Läsionen 62
3.3.5. Gesamtkeimzahlen 72

4. Diskussion 77

5. Zusammenfassung 81

Literaturverzeichnis 82

Anhang 92

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547201_0076

1. Einleitung

Die Ratte zählt zu den am häufigsten verwendeten Versuchstieren der tierexperimentellen Forschung. Immer anspruchsvollere Fragestellungen bei derartigen Untersuchungen haben auch die Ansprüche an die Versuchstiergewinnung, -aufzucht und -haltung erhöht.

Angestrebt wird die Gewinnung von keimfreien, gnotobiotischen, d.h. in einem - hinsichtlich der Keimbesiedelung - bekannten Zustand lebenden Tieren, oder doch zumindest die Aufzucht und Haltung von spezifisch pathogenfreien (SPF) Spezies, die mit einer bekannten Bakterienflora assoziiert werden und von denen bekannt ist, daß sie bestimmte, pathogene Keime nicht tragen. (FACHRICHTUNG VERSUCHSTIERKUNDE UND VERSUCHSTIERKRANKHEITEN DER FREIEN UNIVERSITÄT BERLIN 1976.)

Bei der Versuchstierhaltung unter den vorgenannten Bedingungen entstehen jedoch neue Probleme mit der Ernährung der Tiere, weil eine Kontamination durch Futter oder Tränkwasser vermieden werden muß.
Ein gebräuchliches Verfahren zur Vermeidung derartiger Komplikationen ist die Autoklavierung der Futterpellets in Verbindung mit der Ansäuerung des Tränkwassers durch HCl.

Besonders die Ansäuerung des Tränkwassers schafft aber neue Schwierigkeiten, weil Schäden an den Zähnen der Tiere zu befürchten sind. Daher ist es Ziel dieser Arbeit, einen Beitrag zur Beurteilung der Frage zu leisten, ob im kurz- bis mittelfristigen Rattenexperiment unter Gabe von autoklaviertem Futter und mit HCl angesäuertem Tränkwasser makroskopisch-klinisch nachweisbare Schäden an den Molaren und Parodontien der Ratten entstehen und ob diese Schäden vom pH-Wert des Tränkwassers abhängig sind.

Nebenfragestellungen sind,

- ob sich die Ratten in Abhängigkeit vom pH-Wert des Tränkwassers unterschiedlich gut entwickeln und dadurch bei Versuchsende differierende Gewichte aufweisen;

- ob die Tiere in Abhängigkeit vom pH-Wert des Tränkwassers unterschiedliche Mengen trinken;

- ob sich Keime im Tränkwasser unter Versuchsbedingungen ansiedeln.

2. Literaturübersicht

2.1. Anatomie, Physiologie und Pathologie der Rattenzähne

Die Anatomie und Physiologie der Nagetier- und speziell der Rattenzähne ist verschiedentlich umfassend dargestellt worden, so von KÖNIG 1966, JOHANSEN und KEYES 1955 sowie FARRIS und GRIFFITH 1949. Eine Zusammenstellung älterer Arbeiten findet man bei CAFLISCH 1939.

Die Dentition der Ratte ist monophyodont. In jedem Kieferquadranten besitzt sie einen mittleren dens incisivus sowie drei Molaren. Seitliche Schneidezähne, Eckzähne (Canini) und vordere Backenzähne (Praemolaren) fehlen. Daher hat sie die Zahnformel

$$\frac{3_M\ 0_P\ 0_C\ 1_I}{3^M\ 0^P\ 0^C\ 1^I} \quad \frac{I^1\ C^0\ P^0\ M^3}{I_1\ C_0\ P_0\ M_3}$$

I = dentes incisivi

C = dentes canini

P = dentes praemolares

M = dentes molares

Eine Übersicht über die Entwicklung der Zähne gibt Tabelle 1.

Tabelle 1
Zeittafel der Zahnentwicklung bei Albinoratten (modifiziert nach SCHOUR 1949). In Klammer die Durchbruchszeiten der Molaren nach Habermehl 1980.

Entwicklungs-prozeß	Inzisivus	M1	M2	M3
1. Anlage (Erscheinen der Zahnleiste)	14. Tag in utero	13. Tag in utero	15. Tag in utero	20. Tag in utero
2. Beendigung der Schmelzgenese	wächst ständig	11. Tag	13. Tag	21. Tag
3. Zahndurchbruch	etwa 10. Tag post partum	19. Tag (18. Tag)	22. Tag (21. Tag)	35. Tag (35. Tag)
4. Fuktionale Occlusion	16. Tag post partum	25. Tag	28. Tag	40. Tag
5. Beginn der Pigmentierung	30. Tag post partum	keine Pigmentierung		

2.1.1. Inzisiven

Die klinische Krone des Rattenschneidezahnes hat die Form des Endstückes einer logarithmischen Spirale. Die Zähne besitzen keine Wurzel, sondern wachsen lebenslang aus einer spiralförmigen Pulpa heraus. Dieses Organ liegt im Unterkiefer ventral der Wurzeln von M1 bis M3. Durch den Wachstumsprozeß verlängert sich die Krone jedoch nicht; er ersetzt lediglich durch natürliche Abrasion verlorengegangene Anteile der Schneidezähne.

Im Querschnitt des mittleren Drittels der Krone befindet sich zentral die aus Blutgefäßen, Nerven- und lockerem Bindegewebe bestehende Pulpa. Sie ist umgeben vom Dentin, dem lingual eine sehr dünne (3-4µm) Zementschicht aufgelagert ist.

Zahnschmelz findet sich nur am labialen Teil der Krone in einem Sektor, der etwa einem Viertel des gesamten äußeren Umfangs entspricht. Dieser Schmelz ist pigmentiert und von geringerer Härte als der (nicht pigmentierte) Schmelz der Molaren. Die Farbstoffeinlagerung wird ab dem 30. Lebenstag sichtbar.

2.1.2. Molaren

Die Molaren der Ratte sind permanente Zähne. Sie haben okklusal ein Höcker-Fissuren-Relief und besitzen Wurzeln, deren Wachstum nach etwa 100 Lebenstagen mit Ausbildung des Foramen apicale abgeschlossen wird. Im höheren Alter, etwa ab dem 15. Monat, beginnt im apikalen Wurzeldrittel eine Zementapposition. Danach wachsen die Mahlzähne weiter aus der Alveole heraus. Dabei kommt es nicht selten zu einem degenerativ bedingten Verlust der Zähne.

Der erste untere Molar trägt drei Haupthöcker und einen kleinen, im distalen Approximalraum versenkten Nebenhöcker, die durch drei Fissuren voneinander getrennt sind. Die zentrale und die mesiale Fissur ziehen durch die gesamte bucco-linguale Breite des Zahnes, während die distale Fissur lediglich im mittleren Drittel des Zahnes den Nebenhöcker abtrennt. Der erste Molar hat vier Wurzeln, zwei kräftige, ovalen Querschnitts, die den mesialen und distalen Haupthöckern zugeordnet sind und zwei grazile Wurzeln, die buccal und lingual der Achse des mesialen Haupthöckers divergierend verlaufen.

Morphologisch stellt der zweite untere Molar die Wiederholung der ersten Molaren dar, jedoch ohne dessen mesialen Haupthöcker. Deswegen fehlt auch die kräftige, mesiale Wur-

zel und der Zahn hat eine geringere mesio-distale Ausdehnung.

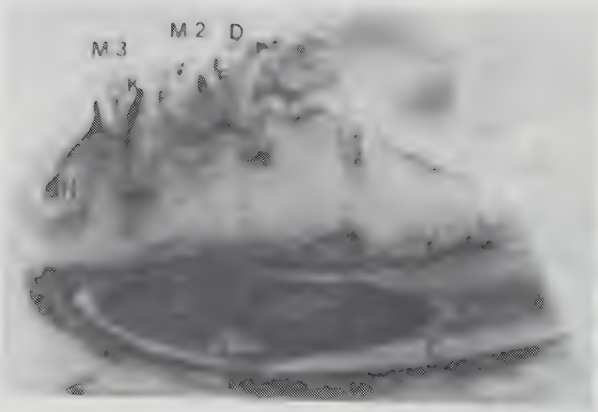
Der dritte untere Molar hat lediglich zwei Höcker, die durch eine zentrale Fissur getrennt sind. Genau wie der zweite Molar weist er eine kräftige distale sowie eine mesio-buccale und eine mesio-linguale Wurzel auf.

Zur Klärung der anatomischen Situation dienen die Abbildungen 1 und 2. (Zur Technik der Herstellung der Schnitte vergl. Kap. 3.1.)

In Abbildung 1 ist die ventral der Molaren gelegene Pulpa des Inzisivus (A), das Dentin (B) sowie der bereits mineralisierte Schmelz (C) zu erkennen, der nach dem Durchbruch die labiale Fläche der klinischen Krone bedeckt.

Die Höckerplateaus (D) der Molaren (M1 bis M3), die die eigentliche Kaufläche darstellen, sind abgeflacht und nicht von Schmelz bedeckt, so daß nur das Dentin exponiert ist. Die stark ausgeprägten Fissuren (E) der Molaren sind dagegen vollständig mit Schmelz ausgekleidet, sie haben eine Breite von etwa 0,25 mm (KÖNIG 1963). Der Schmelzüberzug der Molarenkronen ist, je nach Lokalisation zwischen 0,03 und 0,15 mm dick (KÖNIG 1966).

Abb. 1



er etwa 15 Wochen alten Ratte,

Vergrößerung etwa 12:1

Die approximalen Kontakte (F) sind flächig. In der Kauebene bieten sie Speiseresten (G) ebenso Retention wie die tiefen Fissuren des okklusalen Reliefs der Molaren.

Das Pulpencavum (H) erscheint bei dem noch jugendlichen Tier durch die große Wölbung des Cavumdaches (I) relativ stark eingeengt; die Pulpenhörner (K) sind weit ausgezogen. Die im Verhältnis zu den Kronen außerordentlich massiven und stark gekrümmten Wurzeln (L) lassen der Kanalpulpa nach der ersten physiologischen Enge (M) ein verhältnismäßig breites Lumen (N).

Angesichts dieser anatomischen Gegebenheiten wird klar, daß Extraktionsversuche an Rattenmolaren, die in der Literatur gelegentlich beschrieben werden (z.B. TOLO und ERICHSEN 1969) und die auch im Rahmen vorbereitender Untersuchungen unternommen wurden, von vornherein zum Scheitern verurteilt sind und regelmäßig mit der Fraktur des Zahnes enden.

2.1.3. Karies der Molaren

Klinisch sind die kariösen Läsionen an Rattenmolaren identisch denen menschlicher Zahnfäule. Es besteht daher Grund zu der Vermutung, daß bei der Ratte wie beim Menschen grundsätzlich dieselben ätiologischen Faktoren bei der Kariesent-

stehung wirksam sind (KÖNIG 1966).

Bei der Entstehung der Karies handelt es sich um einen überwiegend exogenen Prozeß, der hauptsächlich durch Einflüsse aus der unmittelbaren Umgebung des Zahnes hervorgerufen wird. Die Ausbildung des Defektes am Zahn ist dabei das Ergebnis einer Demineralisierung und Proteolyse der Zahnhartsubstanzen. Als Voraussetzungen für das Zustandekommen kariöser Läsionen gelten heute allgemein folgende Faktoren:

- Die Zahnoberfläche muß dem Mundmilieu exponiert sein.
- Die Nahrung muß Kontakt mit den Zähnen haben.
- Am Zahn müssen sich Beläge (Plaques) befinden, die von Mikroorganismen besiedelt sind.
- Durch den Abbau der Beläge müssen saure Zwischen- und Endprodukte entstehen, die die Demineralisierung des Schmelzes betreiben.
- Die Säure muß wiederholt und für längere Zeit einwirken (PILZ et al. 1980).

Fehlt es an einer dieser Voraussetzungen, kann nach heutigen Erkenntnissen keine Karies entstehen. Als kritischer pH-Wert für die Demineralisierung wird ein pH von 6 bis 5 angesehen (SAUERWEIN 1974).

Prädilektionsstellen für die Entstehung der Karies finden

sich in Zahnbereichen, die der natürlichen Reinigung unzugänglich sind (HARNDT 1976). Sie liegen besonders im Fissureneingangstrichter und im interproximalen Raum. Hier kommt es zur Auflagerung einer Mukoproteidschicht aus dem Speichel, die mikrobiell besiedelt wird. Hochmolekulare Kohlenhydrate vergären in dieser Plaque.

Derartige Prädilektionsstellen für Karies sind vor allem die ausgeprägten Fissuren der Rattenmolaren. Die Tiere beißen sich hier Nahrungsbestandteile ein, die abgebaut werden und kariöse Läsionen in der Tiefe der Fissuren bilden. Ist das Dentin erreicht, schreitet der Prozeß schneller voran und führt zu einer Unterminierung der Schmelzwände. Deswegen werden in diesem Stadium nicht selten Frakturen der Höcker beobachtet (KÖNIG 1966).

Bei fortschreitender Dentinkaries kann es zum Einbruch der Bakterien in die Pulpa kommen. In diesem Stadium ist damit zu rechnen, daß das Tier aufgrund der Infektion des Zahnmarkes Schmerzen verspürt.

Neben der Fissurenkaries wurde relativ selten eine Höckerkaries bei Ratten beobachtet, die auf den schmelzfreien Höckerplateaus beginnt und wie eine typische Dentinkaries verläuft (ROSEBURY et al. 1933). Auch die Karies des Appro-

ximalraumes und die Glattflächenkaries wird zwar in der Literatur beschrieben (KÖNIG 1966), jedoch tritt sie angesichts der Häufigkeit der Fissurenkaries vollständig in den Hintergrund.

2.2. Keimreduktion in der Nahrung

2.2.1. Futtersterilisation

Sterilisation heißt Beseitigung und Vernichtung aller lebenden Mikroorganismen einschließlich ihrer Dauerformen. Ein gebräuchliches Verfahren zur Vernichtung der Mikroorganismen im Futter von Versuchstieren ist das Autoklavieren der Futterpellets durch Einwirkung von gespanntem Wasserdampf. Die Beeinflussung durch Feuchtigkeit und Temperatur verändert das Futter jedoch physikalisch und chemisch.

Bei Verwendung von pelletiertem Futter bricht die Oberfläche auf und die Futterpellets verbacken zu mehr oder minder grossen Klumpen miteinander. HILLER (1974) hat die Abriebfestigkeit dreier verschiedener pelletierter Futtermischungen untersucht und dabei festgestellt, daß nach Dampfsterilisation die Verluste bei Abriebversuchen auf Werte von 58 - 76 % im Vergleich zu unbehandeltem Futter sanken.

Bedeutend sind auch die chemischen Veränderungen bei der Futtersterilisation. Sie schädigt besonders die Proteine und Vitamine. Es kommt zu Denaturierungen und Konformationsänderungen, die wegen der unterschiedlichen chemischen Verbindungsklassen der beteiligten Nahrungsbestandteile komplex verlaufen. Eine umfassende Darstellung ist hier nicht möglich. Es wird auf die Arbeit von UDES (1974) verwiesen, in der sich weitere Literaturangaben finden.

2.2.2. Tränkwasseransäuerung

Zur Vermeidung der Kontamination des Tränkwassers sind eine Reihe von Verfahren bekannt, die auf unterschiedliche Weise und mit differierendem Erfolg die Verunreinigung des Wassers verhindern. Eine Untergruppe dieser Verfahren stellen die Methoden dar, die sich der Ansäuerung des Tränkwassers mit verschiedenen Substanzen bedienen.

Im Gebrauch sind hier Säuren, die im Stoffwechsel des Tieres auftreten oder als Metaboliten der mikrobiellen Besiedelung des Intestinaltraktes ständig gebildet und verwertet werden wie die Milch-, Zitronen-, Ameisen-, Essig-, Propion- und Buttersäure. Diese Substanzen bieten sich an, weil bei ihrer Verabreichung nur ein geringes Risiko der Schädigung des Ver-

suchstieres besteht und weil sie bei Keimzahlbestimmungen insgesamt gute Ergebnisse erzielten, so daß sie zur Qualitätssicherung des Tränkwassers geeignet erscheinen (JUHR et al. 1977).

Eine andere Methode wählt bei der Ansäuerung des Tränkwassers Salzsäure (HCl). Es handelt sich um ein besonders preisgünstiges und leicht durchführbares Verfahren, das auch zur Verwendung in automatischen Tränkeinrichtungen geeignet ist. THUNERT und HEINE (1975) beschreiben ein solches System für die Versorgung eines SPF-Tierhauses mit HCl-Ansäuerung des Tränkwassers auf einen pH von 2,5 - 3,0. Sie berichten auch davon, daß es nach dreijähriger Betriebszeit der Anlage zu keinen negativen Auswirkungen auf die Gesundheit der Tiere wie veränderten Gewichtszunahmen oder Organveränderungen gekommen sei.

Diese Ergebnisse decken sich mit den Befunden von TOBER-MEYER und BIENIEK (1976), die die Auswirkungen von salzsäurehaltigem Tränkwasser (pH 2,5 - 3,0) auf Ratten und Kaninchen sieben Monate lang untersuchten und bei Blutuntersuchungen an 17 Parametern keine Veränderungen fanden.

MULLINK und RÜHMKE (1971) ermittelten die Schlafzeit nach Gabe von Hexobarbital (Evipan-Na) an Mäusen, die mit Tränkwasser versorgt wurden, das mit HCl (pH 2,6 - 2,8) angesäuert

war und fanden ebenfalls keine Veränderungen gegenüber der Kontrollgruppe.

Diese Untersuchungen belegen, daß nach Gabe von Salzsäure angereichertem Tränkwasser offenbar keine ernstlichen gesundheitlichen Komplikationen bei der Versuchstierhaltung auftreten. Im Vergleich zu dieser recht einheitlichen Auffassung gibt es jedoch unterschiedliche Angaben darüber, bis zu welchem Wert das pH abgesenkt werden muß, um eine Keimbesiedelung zuverlässig zu verhindern oder bis zu einem vertretbaren Umfang zu begrenzen.

TOBER-MEYER und BIENIEK (1976) führen zwar aus, daß sich Keime gewöhnlich unter pH 4 nicht mehr vermehren, geben aber zu bedenken, daß sie ihre Lebensfähigkeit behalten können und daß es eine Gewöhnung der Keime an niedere pH-Werte gibt. Vermutlich aus diesen Gründen wählen die meisten Autoren pH-Werte, die zwischen pH 2,0 und 3,0 angesiedelt sind.

Diese Säuerungsgrade liegen nur scheinbar nahe beieinander, in Wahrheit unterscheiden sie sich in ihrem HCl-Gehalt um eine Zehnerpotenz. Da der pH-Wert definiert ist als der negative dekadische Logarithmus der Wasserstoffionenkonzentration, enthält eine Lösung mit pH 3,0 10^{-3} mol·l^{-1} Protonen, eine Lösung mit pH 2,0 jedoch 10^{-2} mol·l^{-1} H-Ionen; anders formuliert: bei pH 2,0 ist die Lösung 0,01 N, bei pH 3,0 0,001 N. (Vergl.

dazu auch SCHRANK 1981.)

2.3. Schäden an Zähnen und Parodontien

Die Ansäuerung des Tränkwassers auf derart niedrige Werte wie pH 2,0 und 3,0 vermittelt zunächst den Eindruck, daß an den Zähnen der Versuchstiere massive Säureerosionen und Demineralisierungen der Zahnhartsubstanzen unweigerlich eintreten müssen. Er wird jedoch dadurch relativiert, daß auch Menschen Getränke mit niedrigem pH-Wert in großen Mengen zu sich nehmen, ohne Schaden an den Zähnen zu nehmen.

Allerdings hat LAUTERBACH (1978) verschiedene Süßgetränke und Mineralwässer untersucht und dabei festgestellt, daß sie pH-Werte zwischen 3,7 und 2,66 aufweisen. Die Ansäuerung dieser Getränke erfolgt größtenteils mit - bei dem jeweiligen pH-Wert - nicht vollständig dissoziierten Säuren wie Äpfelsäure (im Apfelsaft) oder Phosphorsäure (in Coca-Cola), so daß sich auch bei mittleren pH-Werten oft noch erstaunlich große Pufferkapazitäten der Getränke ergeben. Die Autorin beurteilt alle untersuchten Süßgetränke als potentiell erosiv und kann aus zahnärztlicher Sicht im Ergebnis einzig den Genuß von Mineralwasser uneingeschränkt empfehlen.

Der Einfluß von mit Salzsäure angesäuertem Tränkwasser auf den

Zahnschmelz von Ratten über einen Zeitraum von 11 Monaten wurde zuerst von TOLO und ERICHSEN (1969) untersucht. Sie verwendeten 20 weibliche Albinoratten und bildeten daraus eine Versuchsgruppe von 6 jungen (4 Wochen alten) und 4 älteren (12 Wochen alten) Tieren sowie eine Kontrollgruppe gleicher Anzahl.

Die Versuchsgruppe erhielt Tränkwasser, das mit HCl im Mittel auf den pH von 2,7 gebracht war. 4 Ratten jeder Gruppe wurden nach 6 Monaten getötet, eine verstarb und die verbliebenen 11 wurden nach 11 Monaten getötet.

Nach der Sektion der Unterkiefer bestimmten die Autoren mittels eines Sektionsmikroskopes die Entfernung von der Mesialfläche von M1 zur distalen Fläche von M3. Sie fanden makroskopisch keine Unregelmäßigkeiten an den Bukkal- und Lingualflächen der Molaren und die geringen Differenzen der Entfernungsmessungen zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe erwiesen sich als zufällig.

Offenbar gingen die Verfasser von der Hypothese aus, daß sich der Schmelzüberzug der Versuchsgruppe verringern und es dadurch zu einer Veränderung der mesio-distalen Ausdehnung der Molaren kommen müsse.

Zu anderen Ergebnissen kamen KARLE et al. (1980) nach Untersu-

chung der Unterkiefermolaren von Han: Wistar Ratten, die in 3 Versuchs- und eine Kontrollgruppe mit jeweils 24 Tieren aufgeteilt waren. Die Versuchsgruppen wurden mit unbehandeltem Futter und Tränkwasser pH 2,2, autoklaviertem Futter und Leitungswasser sowie mit autoklaviertem Futter und Tränkwasser pH 2,2 ernährt. Die Ansäuerung des Tränkwassers geschah mit Salzsäure.

Die Versuche liefen über 24 Wochen; nach 12 Wochen wurde jeweils die Hälfte der Versuchstiere getötet.

Die Meßdaten wurden von beiden Unterkieferquadranten aus unentkalkten Serienschnitten gewonnen und am 1. Molaren jedes Quadranten wurden mit einem Leitz-Neo-Promar-Projektionsmikroskop die Fissurentiefen gemessen.

Dabei zeigte sich, daß die Fissurentiefen sowohl unter dem Einfluß von angesäuertem Tränkwasser allein als auch bei Gabe autoklavierten Futters in Verbindung mit angesäuertem Wasser deutlich abnahmen. Der Verlust trat schon nach 12-wöchiger Versuchszeit auf; nach 24 Wochen war der abrasive Einfluß des autoklavierten Futters offenbar geringer.

Diese Veränderungen werden von den Autoren vornehmlich auf die "Abätzung" der Schmelzschicht der Molaren zurückgeführt.

Als Konsequenz daraus lehnen sie jegliche Ansäuerung des Tränkwassers unter Hinweis auf den kritischen pH von 5,5, bei dem die Entkalkung des Schmelzes beginnt, ab.

Zudem hatte sich in begleitenden Untersuchungen an Sprague-Dawley-, Wistar- und Cara-Ratten gezeigt, daß das angesäuerte Tränkwasser von Wistar-Ratten weniger häufig getrunken wird und daß starke Erosionen des Zahnschmelzes auftreten, deren Prädilektionsstellen an den lingualen Kronenseiten der Molaren liegen.

Zu ähnlichen Ergebnissen kamen BÖSSMANN et al. (1981). Sie untersuchten die Unterkiefer von 371 männlichen und 277 weiblichen Han: WIST-Ratten, die unter SPF-Bedingungen gehalten und alle mit Tränkwasser pH 2,5 und handelsüblichem, autoklaviertem Futter versorgt wurden. Nach ihrem natürlichen Tod im Alter von 27 bis 40 Monaten kamen die Tiere zur Sektion. Im Vordergrund der Untersuchungsergebnisse standen Zahnfleisch- und Knochentaschen, freiliegende Furkationen sowie tiefzerstörte und verlorene Zähne.

Die Autoren führen die Parodontalerkrankungen auf Nahrungs- und Haareinbisse in das Zahnfleisch zurück und halten die dentalen Alterationen unter Hinweis auf die Untersuchung von KARLE et al. (1980) für eine Folge von starken Abrasionen der Zähne, die durch harte Futterpellets und angesäuertes Tränk-

wasser beeinflußt wurden. Sie fanden zwar purulente Pulpitiden, Abszesse und nekrotische Pulpen, jedoch fehlten kariöse Veränderungen völlig.

In der Untersuchung sollte allerdings nicht die Schädlichkeit von autoklaviertem Futter und angesäuertem Tränkwasser dargestellt werden. Sie sollte vielmehr klären, ob Ratten für stomatologisch-geriatrische Fragen als biologisches Modell dienen können (PREUSS 1979). Wegen dieser Verhältnisse haben die Autoren offenbar auf die Haltung und Untersuchung einer Kontrollgruppe verzichtet.

In jüngerer Zeit sind auch die Auswirkungen von angesäuertem Tränkwasser auf den Zahnschmelz von Ratten durch die Anfertigung rasterelektronenmikroskopischer Aufnahmen der lingualen Zahnoberfläche untersucht worden (LADEBURG und JUHR 1984). Da sich, wie in Kapitel 2.1.1. dargestellt, lingual der Inzisiven kein Zahnschmelz befindet, zeigt die Arbeit, daß an dem freiliegenden Zement und Dentin der Schneidezähne offenbar keine schwerwiegenden Destruktionen auftreten.

Durch die natürliche Reinigung der Lingualflächen sind hier keine Zerstörungen zu erwarten. Auch das permanente Wachstum der Inzisiven verhindert zudem die Einwirkung des angesäuerten Tränkwassers für längere Zeit. Verstärkte Abrasionen werden möglicherweise durch vermehrtes Wachstum ausgeglichen.

3. Eigene Untersuchungen

3.1. Vorversuche

Die Vorversuche dienten der Klärung der diagnostischen Hilfsmittel, die bei der Untersuchung möglicher Schäden durch angesäuertes Tränkwasser zum Einsatz kommen sollten. Es ging vor allem um unblutige Verfahren, da einige Tiere, die das am stärksten angesäuerte Wasser tranken, nach der Hälfte der Versuchszeit unter Anästhesie untersucht werden sollten.

Die Tiere wurden dabei intraperitonal mit Ketamin-HCl und Xylazin betäubt, wie von SCHARMANN (1982) angegeben. Unter der Wirkung dieser Anästhesie war es möglich, die Mundhöhle der Tiere zu inspizieren und zu fotografieren.

Abbildung 3 ist bei diesen Untersuchungen entstanden. Man erkennt die stark ausgeprägten rugae palatini des Oberkiefers und die Molaren, die bei dieser Ratte keine Veränderungen aufweisen. (Kamera: Nikkon medica mit Ringblitz, Film: Kodachrome-64-Diafilm.)

Als Hilfsmittel bei der Untersuchung dienten ein Parapharyngealspiegel der Größe K1, wie er in der Kinderheilkunde Verwendung findet sowie eine Millernadel der Stärke xx fine, die als Sonde verwendet wurde.

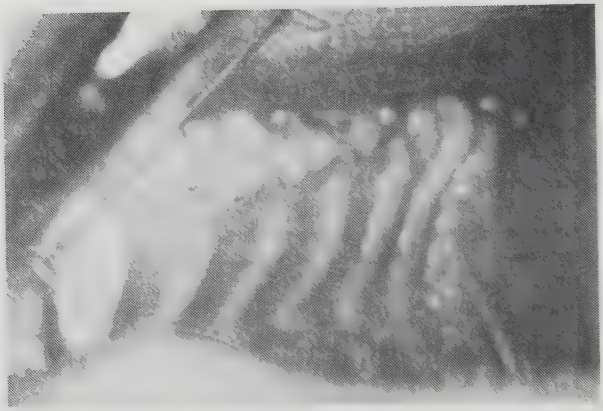


Abb. 3
Fotografie der Mundhöhle einer etwa 15 Wochen alten Ratte

Die Untersuchung der Unterkiefermolaren unter Betäubung ist schwierig, weil die Zunge der Tiere wegen der Erstickungsgefahr nicht beliebig nach dorsal verschoben werden kann. Die Inspektion dieser Molaren ohne Anästhesie mit dem Ohrspekulum, wie sie von einigen Autoren vorgeschlagen wird, (vergl. KÖNIG 1966) ist wohl nur für sehr junge oder zahme Tiere geeignet.

Von mehreren betäubten Tieren wurden auch Röntgenaufnahmen angefertigt. Dabei erwies sich das von SEROTA et al. (1981) vorgeschlagene System der intraoralen Technik mit speziell zugeschnittenen Filmen als zu kompliziert in der Handhabung

der Filme und deren Plazierung im Munde.

Angewendet wurde eine lateral-cranial-exzentrische Projektion, wobei die filmnahen Anteile des Kopfes scharf abgebildet, die filmfernen jedoch wegen der Divergenz der Röntgenstrahlen unscharf zerstrahlt werden.

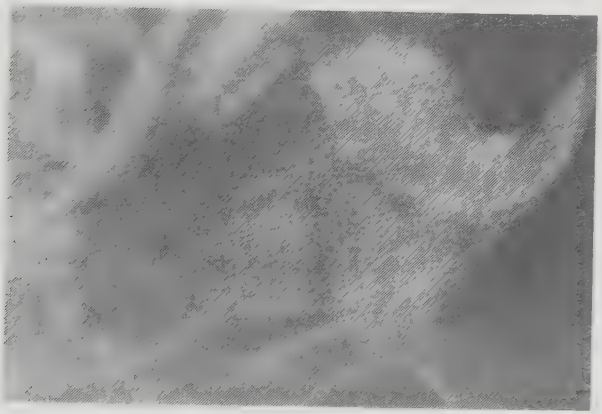


Abb. 4

Röntgenaufnahme einer Ratte in lateral-cranial-exzentrischer Projektion. Belichtungszeit 0,32 s.

Abbildung 4 zeigt eine solche Röntgenaufnahme, die mit einem Dental-Röntgengerät der Fa. Siemens mit Kurztubus und einer Beschleunigungsspannung von 50 KV bei 0,5 mA Stromstärke und 0,32 s Belichtungszeit auf einen Agfa-Gevaert Zahnröntgenfilm

45 x 33 mm mit Verstärkungsfolie aufgenommen wurde.

Sichtbar sind die oberen und unteren Molaren, Teile des Gesichtsschädels und der Mandibula sowie der Inzisiven. Es sind keine krankhaften Veränderungen zu erkennen; angesichts der Größenverhältnisse ist jedoch die Aussagekraft derartiger Aufnahmen, etwa zur Beurteilung periapicaler Prozesse, beschränkt.

Bei diesen Voruntersuchungen wurden auch Serienschnitte angefertigt. Sie sind aus dem unentkalkten Unterkiefer gewonnen worden, dienten dem Studium der Technik und sollten die Möglichkeit eröffnen, später auf diese Methode zurückgreifen zu können.

Nach Resektion des Unterkiefers wurde 24 Stunden in 10%iger Formaldehydlösung fixiert und anschließend in Methacrylat eingebettet wie von SCHÖNFELD und BÖSSMANN (1980) beschrieben. Zum Anfertigen der Schnitte diente ein Leitz Sägemikrotom 1600 mit einem diamantbeschichteten Innenlochsägeblatt einer Dicke von etwa 300 µm.

Die Färbung mit Schiffscher Reagenz (Leukofuchsin) wurde mit der frisch angesetzten, standartisierten Lösung nach GRAUMANN (1952) vorgenommen. Die Einwirkungszeit der mit Aqua destillata 1:4 (nach KÖNIG 1966) verdünnten Lösung betrug etwa

vier Sekunden.

Für die Fotografien wurde eine Kamera Canon AE 1 mit 55-mm-Objektiv und Balgengerät benutzt. Die Ablichtungen erfolgten bei einer Belichtungszeit von 1/4 s mit Blende 8 auf einen Kodachrome-64-Diafilm mit 19 DIN Empfindlichkeit.

3.2. Versuchsdurchführung

3.2.1. Material und Methode

Die Versuche wurden mit 100 HAN/WIST/BGA-Ratten durchgeführt. Es handelte sich dabei um Tiere aus einem Hannoveraner Stamm von Wistar-Ratten in einer Weiterzüchtung des Bundesgesundheitsamtes. Bei Versuchsbeginn waren die Ratten zwischen 19 und 21 Tagen alt und gerade von den Muttertieren abgesetzt.

Es handelte sich ausnahmslos um weibliche Tiere. Diese Wahl wurde getroffen, weil Weibchen über den relativ langen Versuchszeitraum unproblematischer zu halten sind als Böcke. Wesentliche, geschlechtsspezifische Unterschiede in den Auswirkungen des angesäuerten Tränkwassers sind nicht bekannt.

Die Ratten wurden in einem etwa 8 m^2 großen, gefliesten

Tierlabor der zentralen Versuchstieranlage des Bundesgesundheitsamtes (BGA) in Makrolon-Kunstoffkäfigen der Größe IV gehalten. Als Einstreu kam Weichholzgranulat der Fa. Altromin GmbH zur Anwendung, das wöchentlich gewechselt wurde.

Die Versuche begannen am 8. Februar 1982 und endeten nach 24 Wochen am 24. Juli 1982. Während der kalten Jahreszeit wurde die Temperatur, die während der gesamten Versuchszeit 20 ± 2 °C betrug, mit einem Infrarot-Heizgerät mit Thermostat künstlich angehoben. Die relative Luftfeuchtigkeit betrug 50 ± 10 %, bei kurzfristigen Schwankungen bis zu 80 %. Sie wurde durch einen nach dem Zerstäuberprinzip arbeitenden Luftbefeuchter der Fa. Defensor, Typ 3001, der mit einem Hygrostaten derselben Firma ausgerüstet war, aufrechterhalten.

Die Beleuchtung des Stalls erfolgte durch ein Oberlicht, das mit einer Milchglasscheibe versehen war und zusätzlich durch Leuchtstofflampen, die, mit einer Schaltuhr versehen, den Tag/Nacht-Rhythmus im Verhältnis 12 : 12 h steuerten.

Als Futter wurde das Ratte/Maus-Zuchtfutter (Pellets) Nr. 1310 ff (fortified) der Fa. Altromin verwendet. Dieses Futter besitzt einen Überschuß an hitzelabilen Stoffen und wurde vor der Gabe in etwa 25-kg-Einheiten bei 134 °C und 3 bar Druck sterilisiert, wie von UDES und HILLER (1973) empfohlen.

Während der Versuchszeit wurde es nicht ausgewechselt, sondern nur ergänzt, nachdem große Klumpen der durch die Behandlung im Autoklaven miteinander verbackenen Futterpellets zerkleinert worden waren.

3.2.2. Tränkwasser

Das Tränkwasser stand den Ratten ebenso wie das Futter ad libitum zur Verfügung. Es wurde in Makrolon-Flaschen von 750 cm^3 Inhalt, einer Gummidichtung und einer Tränkkappe mit konischer Spitze aus Edelstahl gereicht. (Fa. Ehret GmbH.)

Die Kontrollgruppe (Gruppe IV) erhielt gewöhnliches Leitungswasser, das nach Auslaufen von ca. 30 l dem Wasserhahn entnommen wurde. Das Wasser der Berliner Wasserwerke war nicht künstlich mit Chloriden versetzt und stammte in den Wintermonaten (bis etwa 31.3.) vom Wasserwerk Beelitzhof und in den Sommermonaten vom Wasserwerk Kladow. Die Temperatur schwankte zwischen 11,0 und 16,4 ^{o}C. Über den Gehalt des Wassers an Ionen, organischen Rückständen und sonstigen Verbindungen wird auf die Reinwasseranalysen der Berliner Wasserwerke im Anhang Bezug genommen.

Die Versuchsgruppen bekamen angesäuertes Leitungswasser zu trinken, das auf verschiedene pH-Werte eingestellt war, und

zwar erhielt

- Gruppe I Leitungswasser pH 2,00
- Gruppe II Leitungswasser pH 2,50
- Gruppe III Leitungswasser pH 3,00

Die Ansäuerung wurde vorgenommen mit rauchender Salzsäure der Fa. Merck, Art.-Nr. 314, die zunächst etwa 1:10 verdünnt und dann in das Trinkwasser titriert wurde, bis sich der gewünschte pH-Wert einstellte. Bei diesem Vorgang wurde das Wasser ständig mit einem Magnetrührer bewegt. Das angesäuerte Wasser wurde in Glaskolben aufbewahrt; die Standzeit des Wassers in den Kolben betrug maximal 3 Tage.

Die pH-Messungen wurden mit einem digitalen pH-Meter 640 der Fa. Knick (Berlin) und einer fabrikneuen pH-Elektrode 470 der Fa. Ingold (Frankfurt/Main) durchgeführt, die für die Messung im Sauren besonders geeignet ist. Zur Erhaltung der semipermeablen Elektrodenmembran wurde sie zwischen den Messungen in HCl-Lösung, pH 2,0, aufbewahrt.

Vor jeder Meßserie wurde die Temperatur des verwendeten Leitungswassers gemessen und der Temperaturabgleich am pH-Meter durchgeführt. Danach ist der Nullpunkt und die Steilheit der Meßelektrode an die Verstärkungskennlinie des pH-Meters angeglichen worden.

Um Fehler, etwa durch verdorbene Pufferlösungen, auszuschließen, wurde der Abgleich als Dreipunktabgleich mit Citrat-Salzsäure-Pufferlösung (Fa. Merck, Art.-Nr. 9433) pH 2,00, Citrat-Salzsäure-Pufferlösung (Fa. Merck, Art.-Nr. 9434) pH 3,00 und Phosphatpufferlösung (Fa. Merck, Art.-Nr. 9439) pH 7,00 durchgeführt. An 5 über die gesamte Versuchszeit verteilten Daten wurde darüberhinaus eine Elektroden-Kennlinie als Spannungs-pH-Diagramm erstellt (siehe Abb. 5).

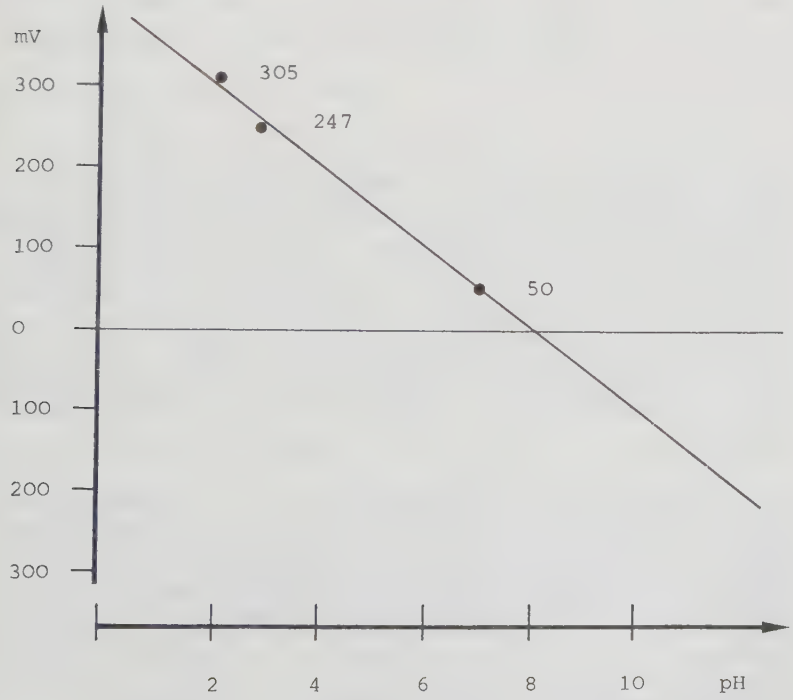


Abb. 5

Beispiel für pH-Elektroden-Kennlinie, aufgenommen am 30. Versuchstag

Man erkennt, daß die Elektrode am 30. Versuchstag bei pH 2,00 die Spannung 305 mV, bei pH 3,00 247 mV und bei pH 7,00 die Spannung 50 mV abgegeben hat. Im Nulldurchgang der Geraden war der pH-Wert etwa 8. Die Steilheit (S) der Elektrode betrug an diesem Tag

$$S = \frac{y}{x} = \frac{305\ mV}{6{,}0\ pH}$$

$$S = 50{,}8\ mV \cdot pH^{-1}$$

Die Standzeit des Tränkwassers in den Flaschen lag bei 3 - 4 Tagen. Spätestens nach Ablauf dieser Zeit wurde die verbliebene Wassermenge in Meßzylindern gemessen und dann weggeschüttet. Anschließend wurden die Flaschen und Tränkkappen in klarem, nicht erwärmten Leitungswasser etwa 5 Minuten eingeweicht und danach unter fließendem Leitungswasser gründlich gespült.

Die Menge des neu in die gereinigten Flaschen eingefüllten Wassers wurde ebenfalls mit einem Meßzylinder abgemessen, so daß es möglich war, aus der Differenz zwischen der eingefüllten Menge und der restlichen Menge den durchschnittlichen Tränkwasserverbrauch pro Ratte und Tag zu berechnen.

3.2.3. Versuchsverlauf

Die 100 Ratten wurden zunächst in vier Gruppen zu je 25 Tieren zufällig aufgeteilt. Diese 25 Tiere wurden dann auf 3 Makrolon-Käfige verteilt, die danach teils mit 8, teils mit 9 Tieren besetzt waren. Vom 2. Versuchstag an wurde das HCl-saure Tränkwasser, wie bereits angegeben, dosiert.

Am 10. Versuchstag kam eines der Tiere, die Tränkwasser pH 2,5 erhielten, ad exitum. Die Sektion brachte keinen Aufschluß über die Todesursache.

In der 9. Versuchswoche wurden die nun herangewachsenen Ratten jeder Gruppe von 3 auf 5 Makrolon-Käfige verteilt, so daß nun alle Käfige mit fünf Tieren besetzt waren, mit Ausnahme eines Käfigs der Gruppe II, der wegen der verstorbenen Ratte nur 4 Tiere enthielt. Die Aufteilung der Tiere erfolgte innerhalb der Gruppen wiederum nach Zufallsprinzipien, jedoch wurde darauf geachtet, daß nicht Tiere in einen Käfig zusammenkamen, die einander völlig fremd waren, sondern daß jede Ratte in jedem Käfig zumindest einen Artgenossen vorfand, mit dem sie die Anfangsphase des Versuchs gemeinsam verbracht hatte.

Mit Beginn der 10. Versuchswoche, also unmittelbar nach dieser Aufteilung, erkrankten einige Tiere an Alopecia, meist in Form

von rundlichen, pfennig- bis fünfmarkstückgroßen Stellen des Haarausfalls. Sie lagen lateral, an der Übergangsstelle zwischen Hals und Rumpf.

Die befallenen Tiere, es waren zeitweilig bis zu 32, wurden mit einem farbigen Fettstift am Rücken gekennzeichnet, wobei bald festgestellt werden konnte, daß bei einigen Tieren die Alopezien plötzlich verschwanden und bei anderen neue Erkrankungen auftraten. Eine Häufung, die im Zusammenhang mit der Ansäuerung des Tränkwassers stand, konnte nicht festgestellt werden.

Eine Beobachtung der Tiere an den Sonntagen zu Ende der 13. und 14. Versuchswoche über jeweils 4 Stunden ergab, daß die befallenen Tiere von anderen, meist nicht befallenen Tieren an den kranken Hautpartien gebissen bzw. gekniffen wurden, allerdings ohne sie dabei ernstlich zu verletzen und ohne daß jemals eine Blutung der Haut auftrat.

Nach diesen Beobachtungen wurden die Erkrankungen als pubertäre Untugenden angesehen und nicht mehr weiter beachtet. Bei Versuchsende hatten lediglich noch 2 Tiere derartige Alopezien, eines der Gruppe I, das andere der Gruppe IV (Kontrollgruppe).

Während der Versuche stellte sich die Frage, ob sich der pH-

Wert des Tränkwassers während der Standzeit in der Tränkflasche möglicherweise ändert. Für denkbar gehalten wurde vor allem, daß das pH des Wassers bei zunehmender Kontamination mit dem im alkalischen puffernden Speichel der Ratten zu den höheren Werten hin verändert wird.

Zur Klärung dieser Frage wurden zwischen dem 30. und 50. Versuchstag pH-Messungen in den Tränkflaschen durchgeführt, deren Ergebnisse in Abschnitt 3.3. erläutert werden.

3.2.4. Versuchsende und Diagnose kariöser Läsionen

Nach 24 Wochen wurden die Versuche beendet, die Ratten in Gruppen von 5 Tieren in einen Behälter gesetzt und durch Einleiten von CO_2 getötet. Der Tod trat nach wenigen Minuten ein und war für die Tiere, soweit an der Reaktion erkennbar, völlig schmerzlos. Anschließend wurden die Tiere gewogen.

Der Unterkiefer wurde mit Schere und Skalpell präpariert, und die sublinguale Muskulatur abgetrennt. Dabei wurde dafür Sorge getragen, daß die Parodontien der Molaren zur Befunderhebung möglichst unbeschädigt erhalten blieben.

Nachdem das Präparat mit klarem Wasser abgespült war, wurde sofort der Befund erhoben. Als Hilfsmittel diente eine spitz

zugeschliffene Sonde, nachdem sich eine Millernadel xx fine als zu weich bzw. zu federnd erwiesen hatte.

Das Augenmerk richtete sich zunächst auf die als Folge der CO_2-Vergiftung livide verfärbte Gingiva und die Parodontien. Hier wurde nach Schäden wie parodontalen Taschen, freiliegenden Furkationen, eingebissenen Nahrungsteilen, entzündlichen Prozessen, Abszessen etc. gesucht.

Die Prädilektionsstellen für Karies an den Okklusalflächen der Molaren wurden ebenfalls inspiziert und mit Hilfe der Sonde untersucht. Dabei zeigte sich, daß die Fissuren der Molaren teilweise dunkel bis schwärzlich verfärbt waren.

Nur in solchen verfärbten Fissuren fanden sich eingebissene Nahrungsteile und nur dort konnten kariöse Läsionen beobachtet werden. Nicht verfärbte Fissuren erwiesen sich regelmäßig als gesund.

Die Differentialdiagnose, ob es sich in der Tiefe der Fissur lediglich um Nahrungsreste handelt oder ob der Schmelz schon erweicht ist, fällt nicht immer leicht. Der Unterschied ist aber erfühlbar, wenn die Sonde im Fundus der Fissur hin und her bewegt wird. Der noch nicht entmineralisierte Schmelz setzt hier der Sondenspitze mehr Widerstand entgegen als der bereits erweichte. Er vermittelt eher das Gefühl der "klirren-

den Sonde" wie es aus der Kariesdiagnostik an menschlichen Zähnen bekannt ist.

Nach einigen Befunden bildet sich eine gewisse Übung in der Diagnose aus. So werden ausgeprägte Läsionen schon mit unbewehrtem Auge erkennbar. Die Sonde bestätigt nur noch die Verdachtsdiagnose. Bei stärkerer Karies erscheint die Fissur optisch verbreitert und es sind mehr Nahrungsreste retiniert.

Die Ausprägung der kariösen Läsionen wurde jedoch wegen der problematischen Bewertung nicht dokumentiert, es wurden lediglich die Anzahl der befallenen Molaren erfaßt.

Abschließend wurden die Approximalräume sowie die Glattflächen, namentlich die lingualen, inspiziert und auf kariöse Veränderungen bzw. makroskopisch sichtbare Säureerosionen hin untersucht. Vor der Fixierung der Präparate in 10%iger Formalinlösung wurde jedes Präparat 1 - 2 Mal fotografiert, und zwar bei 1,5 facher Vergrößerung mit einer Nikkon Medica auf einen Kodachrome Diafilm in 19 DIN Empfindlichkeit.

3.2.5. Keimzahlbestimmung

Zur Beurteilung der Frage, ob das in den Kolben zur Vorrats-

haltung oder das in den Tränkflaschen der Ratten aufbewahrte Wasser einer Verkeimung unterliegt, wurden zwischen dem 39. und 44. Versuchstag Keimzahlbestimmungen durchgeführt.

Dazu wurde aus den Aufbewahrungskolben für Wasser pH 2,00, pH 2,50 und pH 3,00 an drei aufeinanderfolgenden Tagen jeweils Wasser entnommen und untersucht. Aus den Tränkflaschen der Käfige 1 - 3 der Rattengruppen I - IV wurden ebenfalls an drei aufeinander folgenden Tagen Proben zur Untersuchung gezogen.

Die Proben wurden in sterile Behälter abgefüllt und am gleichen Tag in 100-µl-Dosen auf Iso-Agar-Platten nach der Spatelmethode aufgetragen. Zur Sicherheit wurden 2 verschiedene Platten je Probe (1. und 2. Ansatz) verwendet.

Der Iso-Agar, wie er im Bundesgesundheitsamt üblicherweise verwendet wird, ist auch für die Züchtung anspruchsvollerer Keime geeignet und hat folgende Zusammensetzung:

- 15 g Blutagar
- 15 g Trypton
- 5 g Hefeextrakt
- 3 g Fleischextrakt
- 10 g Glukose
- 1000 cm^3 Aqua destillata

Anschließend wurden die Proben im Brutschrank 48 Stunden lang bebrütet, wobei schon nach 24 Stunden ein Zwischenergebnis protokolliert wurde. Hinsichtlich der Bebrütungstemperatur wurden die Proben doppelt geführt, bei 22 °C und bei 37 °C, wie es bei Sterilitätskontrollen üblich ist (WIESMANN 1978).

Nachdem sich nach der ersten Versuchsreihe vom 39. - 41. Versuchstag herausgestellt hat, daß die Keimzahlen in den Tränkflaschen der Kontrollgruppe sehr hoch lagen, sind zusätzlich noch Verdünnungen von 1:10 und 1:100 der Proben dieser Gruppe unter den vorgenannten Bedingungen inkubiert worden.

3.3. Versuchsergebnisse und statistische Auswertung

Bevor die Ergebnisse der einzelnen Versuche vorgestellt werden, soll kurz die statistische Auswertung und die Signifikanzprüfung erläutert werden, die bei allen Versuchsergebnissen nach den gleichen Grundsätzen vorgenommen wurde.

Der Mittelwert (arithmetisches Mittel) $\bar{x}$ ist definiert als die Summe der Meßwerte (x) dividiert durch ihre Anzahl (n)

$$\bar{x} = \frac{\Sigma \; x}{n}$$

Die Standardabweichung (s) wurde aus den einzelnen Meßwerten (x) einer Meßreihe und der Anzahl der Messungen (n) mit Hilfe eines Taschenrechners Casio fx 82 nach der Formel

$$s = \sqrt{\frac{\Sigma \; x^2 - \frac{(\Sigma \; x)^2}{n}}{n - 1}}$$

errechnet. Die Standardabweichung hängt von allen Meßwerten der Verteilung ab und ist insofern eine algebraische Funktion dieser Verteilung, die von (zufälligen) Extremwerten der Stichprobe kaum beeinflußt wird. Sie liefert zuverlässige Anhaltspunkte für die Streuung in der Grundgesamtheit und wird für die Signifikanzprüfungen benötigt.

Für die Signifikanzprüfungen wurde ein Verfahren angewendet wie es von CLAUSS und EBNER (1971) beschrieben ist. Danach wurde zunächst die Prüfgröße t aus den Mittelwerten $\bar{x}_1$ und $\bar{x}_2$, den Standardabweichungen s_1 und s_2 und der Anzahl der Meßwerte n_1 und n_2 der beiden, auf Signifikanz hin zu untersuchenden Meßreihen, berechnet.

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

Diese Prüfgröße folgt annähernd der t-Verteilung mit den Freiheitsgraden (f)

$$f = \frac{1}{\frac{c^2}{n_1 - 1} + \frac{(1-c)^2}{n_2 - 1}}$$

wobei

$$c = \frac{\frac{s_1^2}{n_1}}{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}$$

ist.

Vergleicht man die auf diesem Rechenweg gefundenen Werte mit Tabellenwerten, so kann man mit unterschiedlichen Irrtumswahrscheinlichkeiten eine Aussage darüber treffen, ob sich die Meßergebnisse statistisch signifikant oder nur zufällig unterscheiden.

Liegt dem Vergleich der Meßergebnisse eine statistische Sicherheit von 95% zugrunde, nennt man sie signifikant. Signifikanzen mit lediglich 1% Irrtumswahrscheinlichkeit (statistische Sicherheit 99%) werden als hoch signifikant bezeichnet.

Der verwendete, modifizierte t-Test setzt allerdings voraus, daß die Variablen der Grundgesamtheit normal verteilt sind. Dies ist eine Bedingung, die nicht ohne weiteres als erfüllt gelten kann, vor allem wegen der manchmal bescheidenen Anzahl der Einzelmessungen.

Überhaupt ist die statistische Absicherung eines Zusammenhanges zwischen zwei Variablen mit Vorsicht zu betrachten. Sie stellt nur ein Rechenverfahren dar, dem bestimmte, allerdings abschätzbare, Fehler zugrunde liegen und das nichts aussagt über die Richtigkeit der Hypothese, die dem behaupteten Zusammenhang zugrunde liegt. Sie erweist sich vielleicht als eine (von vielen) haltbaren Hypothesen, die anderen vorgezogen wird. Umgekehrt bedeutet die statistische Ablehnung einer Hypothese nicht unbedingt, daß sie falsch ist, sondern lediglich, daß nach den vereinbarten Vorschriften der Prüfstatistik einer anderen Hypothese der Vorzug gegeben wird.

3.3.1. pH-Wert-Prüfungen

Die Ergebnisse der pH-Wert-Messungen in den Tränkflaschen an vier aufeinanderfolgenden Tagen sind in Tabelle 2 wiedergegeben. Die Werte zeigen insgesamt, daß die Messungen trotz der nicht unproblematischen Handhabung der pH-Elektrode und des aufwendigen Abgleichs der Meßanordnung vor jeder Meßreihe insgesamt erstaunlich gut reproduzierbar sind. Dieses Ergebnis wurde nicht erwartet.

Betrachtet man die Werte der Gruppen I - III und die entsprechenden Standardabweichungen, die im Bereich von 10^{-2} liegen, läßt sich ohne weiteres feststellen, daß sich das angesäuerte Tränkwasser in den Tränkflaschen so gut wie nicht verändert hat. Allerdings weisen die Ergebnisse eine Tendenz zu den höheren pH-Werten auf: Es gibt lediglich 4 Einzelwerte, die jeweils um 10^{-2} unterhalb des eingestellten pH-Wertes liegen, und zwar die Werte

33. Versuchstag, Gruppe II/1,
39. Versuchstag, Gruppe III/1,
44. Versuchstag, Gruppe II/1,
50. Versuchstag, Gruppe I/3

Tabelle 2

Beobachtung des pH-Wertes des Tränkwassers in den Trinkflaschen
über viermal 5 Tage, vom 30. bis 50. Versuchstag

	Versuchs-tag	I/1	I/2	I/3	II/1	II/2	II/3	III/1	III/2	III/3	IV/1	IV/2	IV/3
1.Neuansatz	30.	2,00	2,00	2,00	2,50	2,50	2,50	3,00	3,00	3,00	7,44	7,44	7,44
	31.	2,07	2,08	2,11	2,50	2,51	2,52	3,03	3,03	3,03	7,52	7,57	7,54
	32.	2,04	2,06	2,09	2,52	2,50	2,54	3,01	3,02	3,03	7,58	7,66	7,62
	33.	2,12	2,11	2,07	2,49	2,52	2,54	3,06	3,04	3,00	7,94	7,97	7,83
	34.	2,03	2,06	2,08	2,52	2,53	2,52	3,02	3,07	3,02	8,01	7,94	7,98
2.Neuansatz	36.	2,00	2,00	2,00	2,50	2,50	2,50	3,00	3,00	3,00	7,58	7,58	7,58
	37.	2,09	2,08	2,07	2,51	2,50	2,54	3,02	3,01	3,01	7,48	7,56	7,59
	38.	2,03	2,07	2,04	2,52	2,53	2,54	3,01	3,07	3,04	7,64	7,62	7,68
	39.	2,00	2,01	2,07	2,55	2,51	2,52	2,99	3,03	3,05	7,81	7,69	7,62
	40.	2,08	2,03	2,06	2,51	2,50	2,58	3,02	3,04	3,02	7,98	8,00	7,78
3.Neuansatz	41.	2,00	2,00	2,00	2,50	2,50	2,50	3,00	3,00	3,00	7,46	7,46	7,46
	42.	2,04	2,03	2,06	2,52	2,54	2,50	3,00	2,99	3,02	7,52	7,58	7,60
	43.	2,08	2,06	2,11	2,52	2,51	2,52	3,08	3,02	3,04	7,78	7,82	7,86
	44.	2,12	2,02	2,01	2,49	2,52	2,54	3,06	3,01	3,03	7,94	8,14	8,02
	45.	2,00	2,01	2,06	2,53	2,56	2,51	3,01	3,04	3,03	7,91	8,10	7,84
4.Neuansatz	46.	2,00	2,00	2,00	2,50	2,50	2,50	3,00	3,00	3,00	7,48	7,48	7,48
	47.	2,02	2,00	2,01	2,54	2,53	2,54	3,05	3,01	3,02	7,54	7,62	7,46
	48.	2,00	2,04	2,02	2,50	2,51	2,53	3,02	3,03	3,00	7,52	7,55	7,63
	49.	2,03	2,01	2,03	2,51	2,51	2,52	3,01	3,04	3,06	7,78	7,71	7,69
	50.	2,01	2,03	1,99	2,53	2,52	2,50	3,02	3,01	3,01	7,85	7,93	7,81
Mittelwert x: (n = 20)	$\bar{x}$	2,01	2,04	2,04	2,51	2,52	2,52	3,02	3,02	3,02	7,69	7,72	7,68
Standardabw.	s	0,041	0,033	0,039	0,016	0,019	0,021	0,027	0,023	0,018	0,199	0,219	0,172

Der Anstieg des pH-Wertes von Gr. IV über 5 Tage

1. Tag: $\bar{x}$ = 7,49

s = 0,056

Mittelwerte x (n - 12)

2. Tag: $\bar{x}$ = 7,55

s = 0,048

3. Tag: $\bar{x}$ = 7,66

s = 0,106

4. Tag: $\bar{x}$ = 7,85

s = 0,158

5. Tag: $\bar{x}$ = 7,93

s = 0,094

Diese Tendenz der Meßwerte liefert einen Anhaltspunkt dafür, daß der pH-Wert in den Tränkflaschen möglicherweise vom Speichel der Ratten beeinflußt wird.

Stärker sind die Veränderungen in den Werten der Gruppe IV. Die pH-Werte des Leitungswassers beim Neuansatz schwanken stark. Zudem weisen die Meßergebnisse auch eine deutliche Entwicklung zum Alkalischen hin auf. Es ist allerdings zu bedenken, daß wegen der logarithmischen Konstruktion der pH-Skala um den Neutralpunkt herum schon ein geringer Mangel an Protonen ausreicht, um deutliche Erhöhungen des pH-Wertes zu erzielen.

Wie Abbildung 6 zeigt, verläuft der Anstieg der pH-Wert-Kurve offenbar nach dem 4. Tag langsamer, sie nähert sich asymptotisch einer Parallelen zur x-Achse. Dies spricht dafür, daß der Anstieg der pH-Werte durch einen sättigbaren Vorgang hervorgerufen wird.

Welche Mechanismen hier verantwortlich sind, läßt sich nur vermuten. Möglicherweise wirkt sich der alkalische (pH um 8) Speichel der Tiere aus. Aber auch alkalische Stoffwechselprodukte von Keimen, die in dem Wasser vermehrt wachsen (vgl. Abschnitt 3.3.5.) wären als Verursacher denkbar.

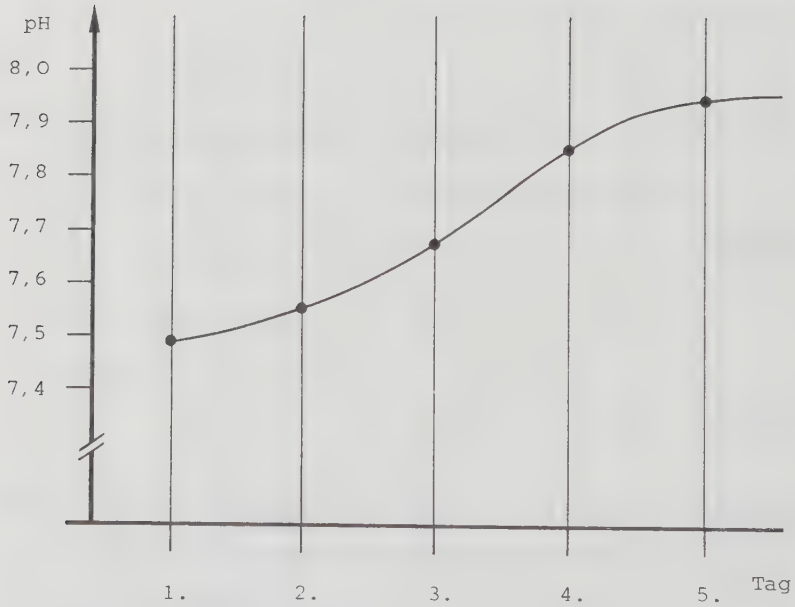


Abb. 6

Der durchschnittliche Anstieg des pH-Wertes des Tränkwassers der Gruppe IV über einen Zeitraum von 4 Tagen

In Abbildung 7 sind die pH-Werte der einzelnen Gruppen (Balken) noch einmal aufgeführt. Die Standardabweichungen (Striche) ließen sich jedoch maßstabsgerecht nicht darstellen, sie sind in ihren Verhältnissen zueinander nur angedeutet.

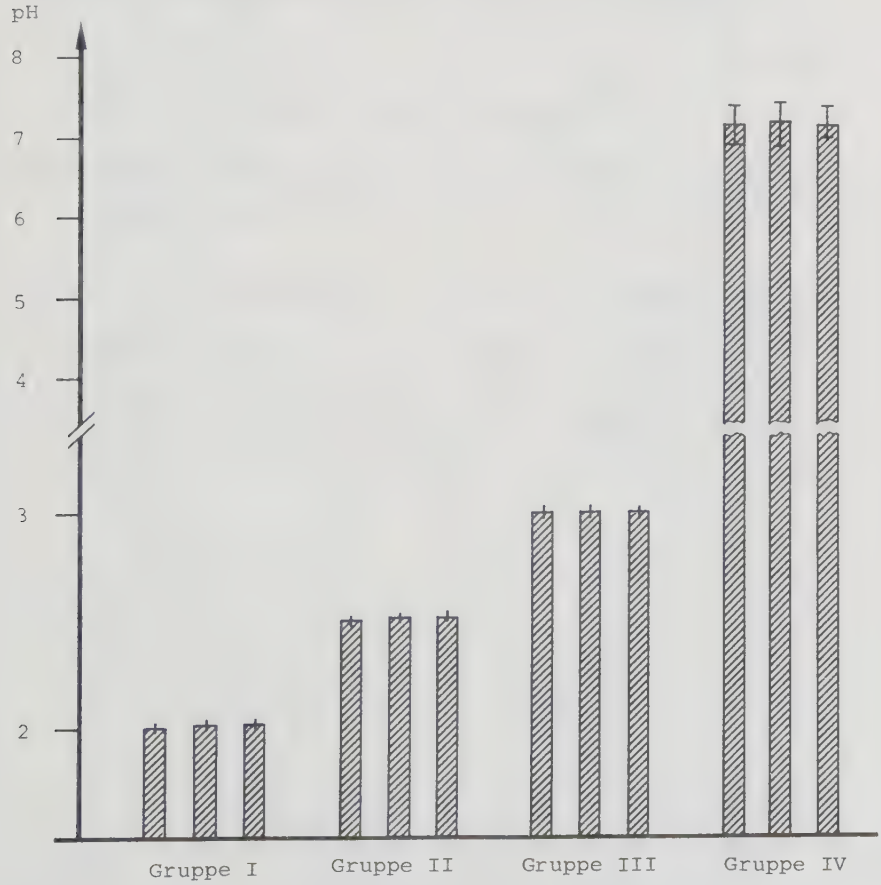


Abb. 7

Die Mittelwerte des pH-Wertes über einen Zeitraum von 5 Versuchstagen

3.3.2. Tränkwasserverbrauchsmessungen

Wegen der vielen Einzelmeßdaten wurde zur Errechnung des täglichen Tränkwasserverbrauchs ein Computerprogramm entwickelt, das im Anhang wiedergegeben ist. Das Programm ist auf einem Homecomputer Commodore VC 20 mit diversen Erweiterungsbausteinen der Fa. Data Becker erstellt und auf einem Drucker der Fa. Epson ausgedruckt worden. Die einzelnen Meßprotokolle mit den Einzelmessungen sind ebenso im Anhang aufgeführt.

Die Abbildungen 8 - 11 geben die Verbrauchskurven des Tränkwassers der einzelnen Gruppen wieder. Man erkennt, daß die jugendlichen Ratten zunächst weniger tranken und der Tränkwasserverbrauch sich dann, nach einer Periode des stetigen Anstiegs, relativ deutlich stabilisiert.

Von größerem Informationsgehalt sind die unteren Kurven, die bei den Gruppen I - III um die Nullinie herum oszillieren. Sie geben an, wieviel die Versuchsgruppen im Vergleich zu der Kontrollgruppe weniger bzw. mehr getrunken haben.

Bei der Betrachtung der Kurven entsteht der Eindruck, als hätten die Versuchsgruppen das angesäuerte Wasser zu Beginn und am Ende der Versuche vermehrt getrunken und um die Mitte des Versuchszeitraumes herum stärker abgelehnt.

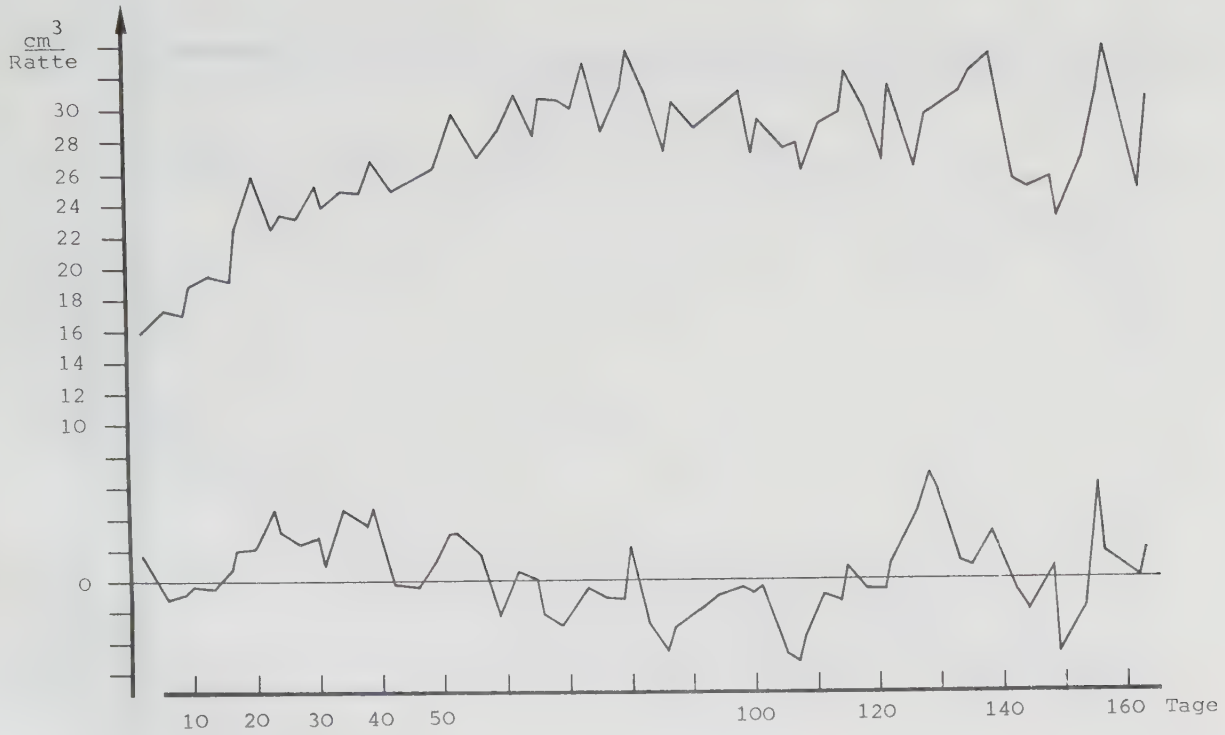


Abb. [illegible]

Tränkwasserverbrauch über den Versuchszeitraum der Gruppe I (pH 2,00)

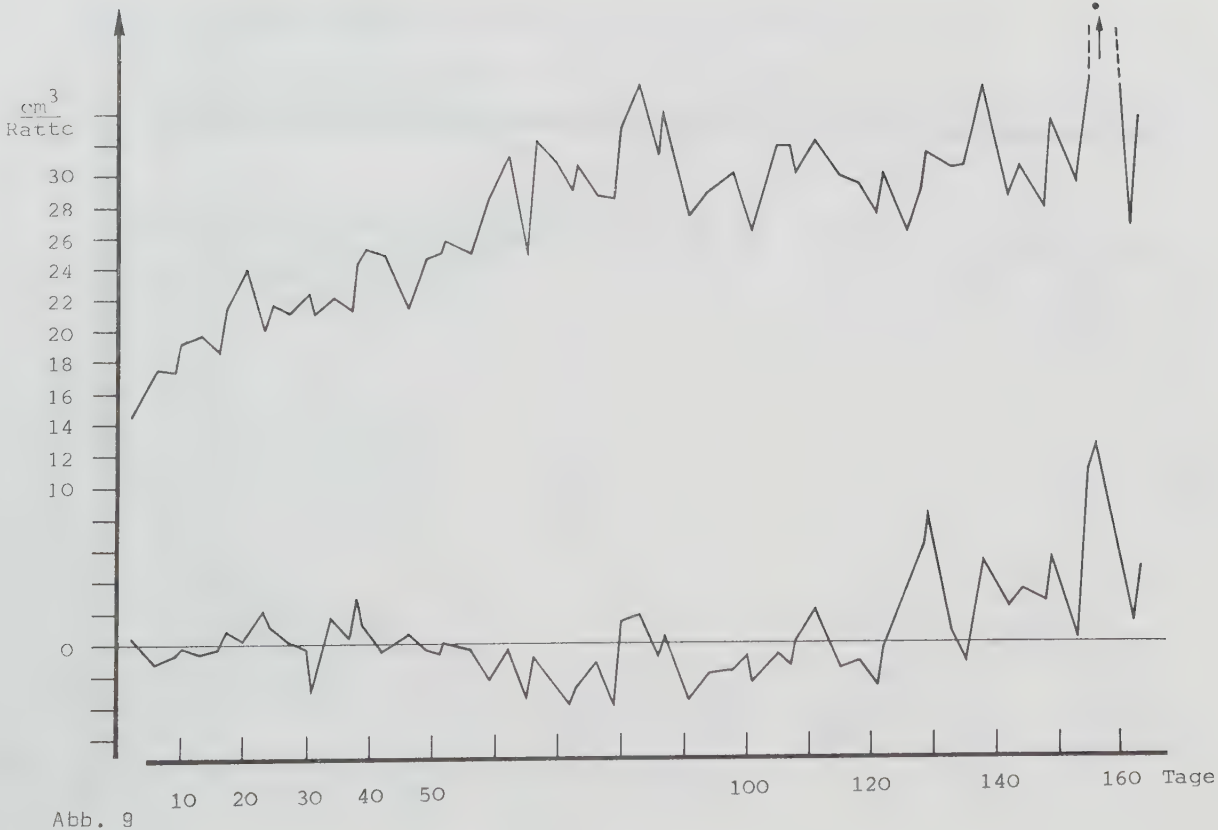


Abb. 9

Tränkwasserverbrauch über den Versuchszeitraum der Gruppe II (pH 2,50)

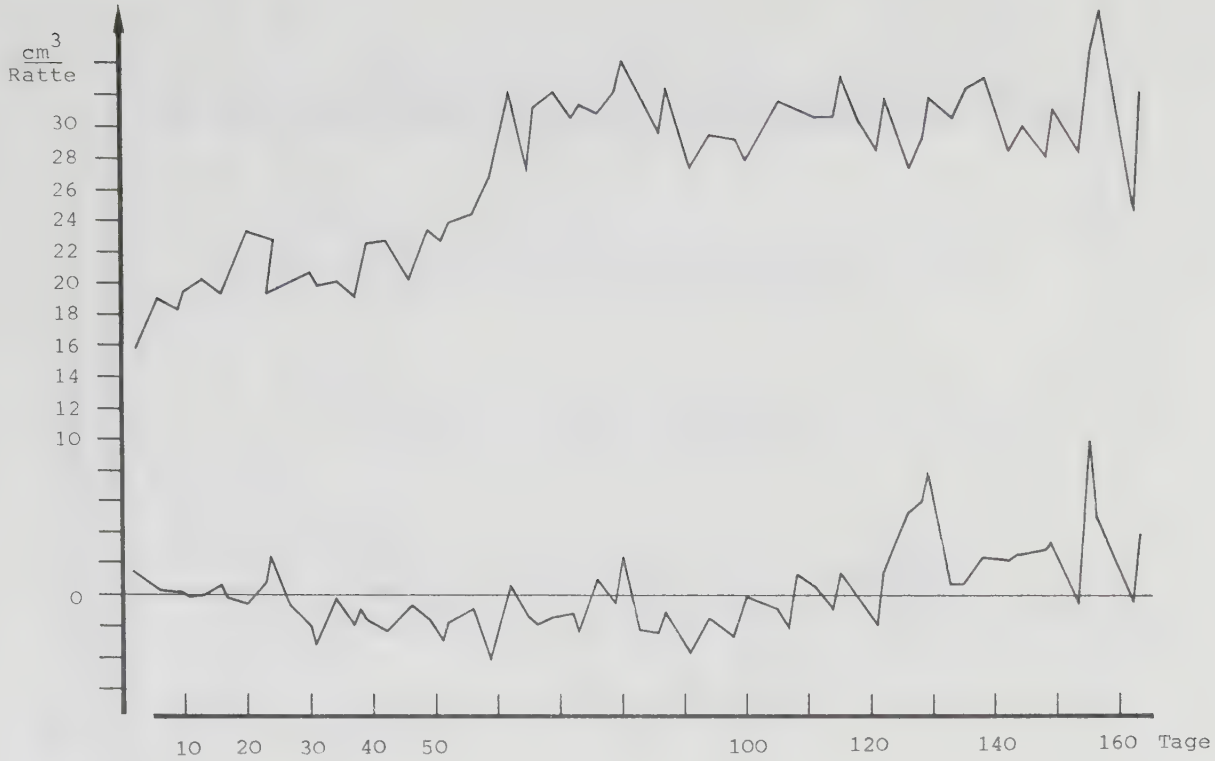


Abb. 10

Tränkwasserverbrauch über den Versuchszeitraum der Gruppe III (pH 3,00)

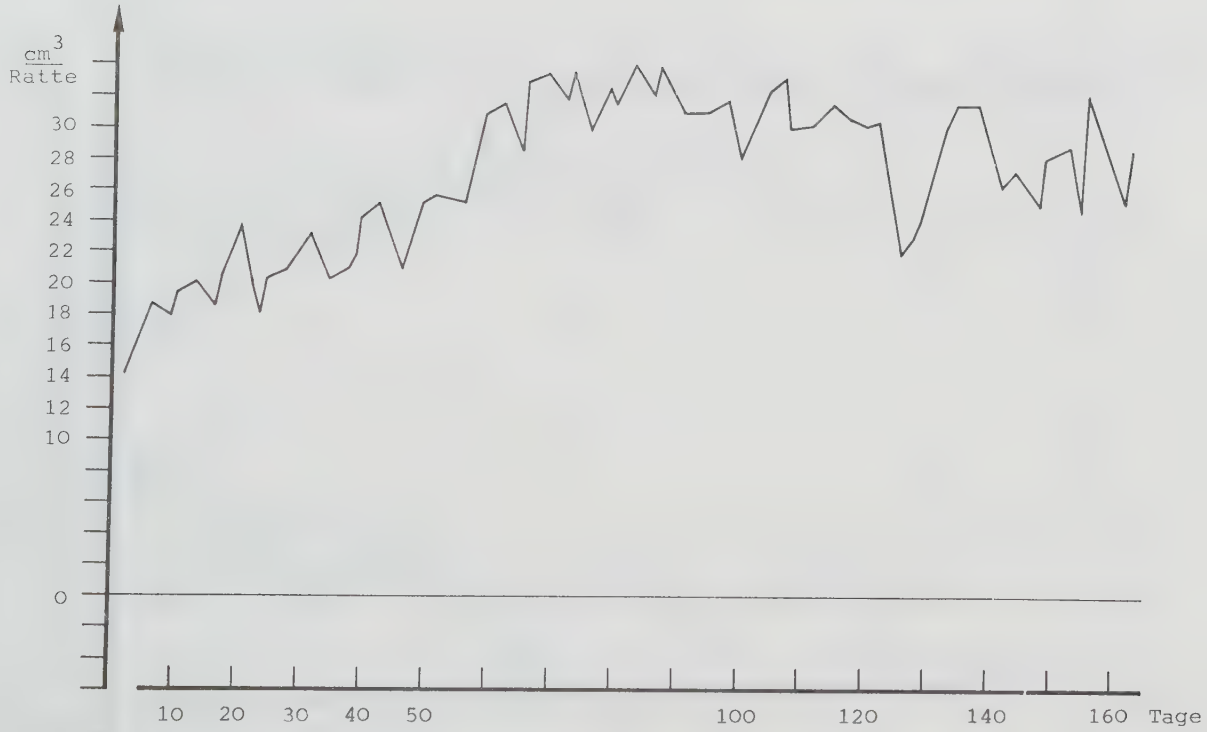


Abb. 11

Tränkwasserverbrauch über den Versuchszeitraum der Gruppe IV (pH~7,40)

Diese Vermutung läßt sich aber mit den Mittelwerten der Verbrauchsmessungen über den gesamten Versuchszeitraum nicht stützen. Diese Werte betrugen:

Gruppe I	(pH 2,00)	$\bar{x}$ = 27,31	s = 4,25
Gruppe II	(pH 2,50)	$\bar{x}$ = 27,51	s = 5,44
Gruppe III	(pH 3,00)	$\bar{x}$ = 27,17	s = 5,25
Gruppe IV	(Leitungswasser)	$\bar{x}$ = 26,98	s = 5,06

Die statistische Überprüfung ergab keine signifikanten Unterschiede. Auch die graphische Darstellung des durchschnittlichen Tränkwasserverbrauchs der einzelnen Gruppen pro Versuchstag (Abb. 12) vermittelt ein einheitliches Bild. Auch die Standardabweichungen (Striche) sind recht ähnlich; ihre hohen Beträge sind auf den geringen Verbrauch bei Versuchsbeginn zurückzuführen.

Zu beachten ist, daß der Verbrauch an Tränkwasser nicht mit der tatsächlich von den Tieren getrunkenen Menge identisch ist. Einige Tropfen des Tränkwassers gehen schon beim Einsetzen der Tränkflaschen in den Käfig verloren, eine geringe Menge verdunstet. Außerdem entwickeln manche Ratten eine große Virtuosität darin, an den Tränkkappen lediglich zu spielen, ohne zu trinken.

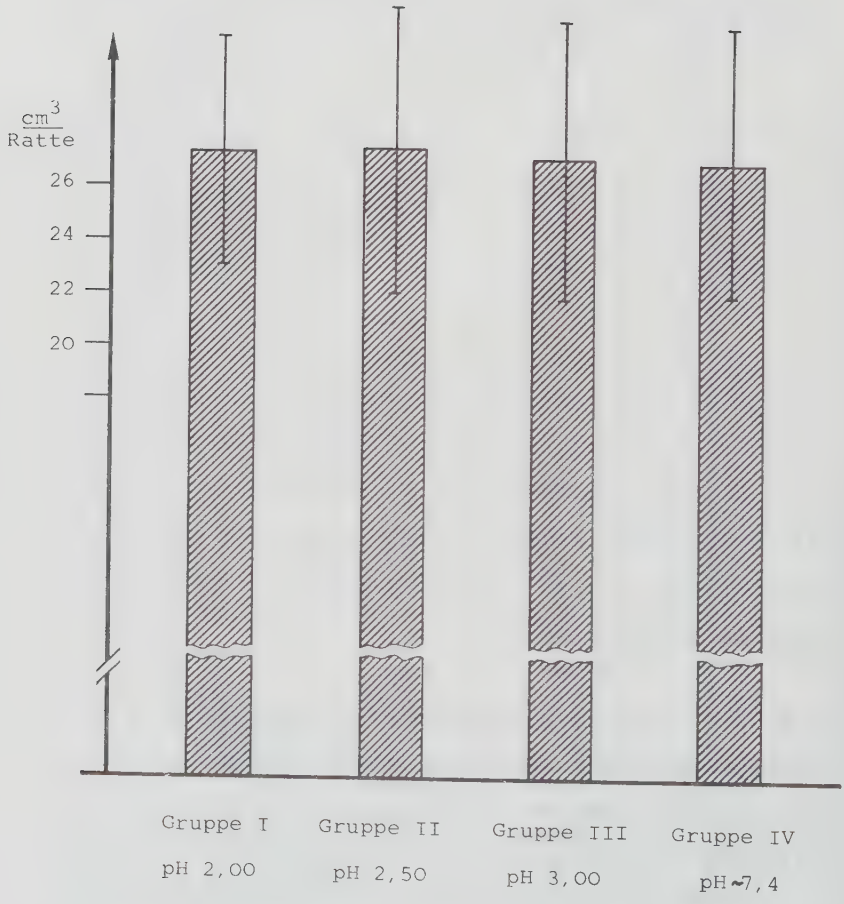


Abb. 12

Der durchschnittliche Tränkwasserverbrauch pro Tag über den gesamten Versuchszeitraum.

Deswegen dürfte die tatsächlich getrunkene Wassermenge einige cm^3 unterhalb der verbrauchten Menge liegen. Dieser Unterschied ist jedoch für die vergleichende Betrachtung unerheblich, weil die genannten Faktoren sich bei allen Tieren gleichermaßen auswirken.

3.3.3. Gewichte der Ratten bei Versuchsende

Die Gewichte der Ratten bei Versuchsende sind in Tabelle 3 aufgeführt. Die Mittelwerte der Gewichte der einzelnen Gruppen liegen dicht beieinander. Signifikante Unterschiede lassen sich lediglich bei Inkaufnahme einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 bzw. 10,5% konstruieren.

Abbildung 13 bestätigt das einheitliche Bild. Die Standardabweichungen sind ähnlich im Betrag, die geringe Untergewichtigkeit der Gruppe II ist rein zufällig.

Tabelle 3

Gewichte der Ratten in g bei Versuchsende

Gruppen \ Ratten	A	B	C	D	E	s	$\bar{x}$	w
1	232,2	221,5	224,8	202,8	227,0			
2	208,3	222,5	227,8	247,6	215,0			
I/ 3	215,4	257,6	187,8	258,0	244,3	19,34	223,00	w 25%
4	210,5	206,8	235,0	234,9	199,3			
5	212,8	194,0	213,0	220,2	255,6			
1	208,3	206,5	205,0	185,5	232,3			
2	220,0	241,2	210,5	247,5	239,5			
II/ 3	199,4	197,0	246,0	222,5	203,3	16,78	218,37	w 12,5%
4	207,5	227,0	212,9	235,5	203,8			
5	228,3	231,5	220,0	209,9	-			
1	225,1	211,8	234,0	222,5	177,5			
2	194,0	236,5	236,5	231,6	195,7			
III/ 3	211,5	251,5	235,5	217,6	204,4	18,65	223,88	w 25%
4	241,6	231,2	229,2	208,2	222,1			
5	212,0	250,4	251,5	234,0	231,5			
1	233,3	208,0	240,0	196,3	208,0			
2	218,4	226,5	212,5	221,0	215,0			
IV/ 3	247,0	253,4	230,0	233,1	243,5	16,54	224,00	Bezugsgruppe
4	227,1	215,5	240,1	187,3	241,5			
5	228,0	209,7	239,5	206,0	220,2			

s = Standardabweichung

$\bar{x}$ = arithmetisches Mittel

w = Irrtumswahrscheinlichkeit bei Signifikanzprüfung

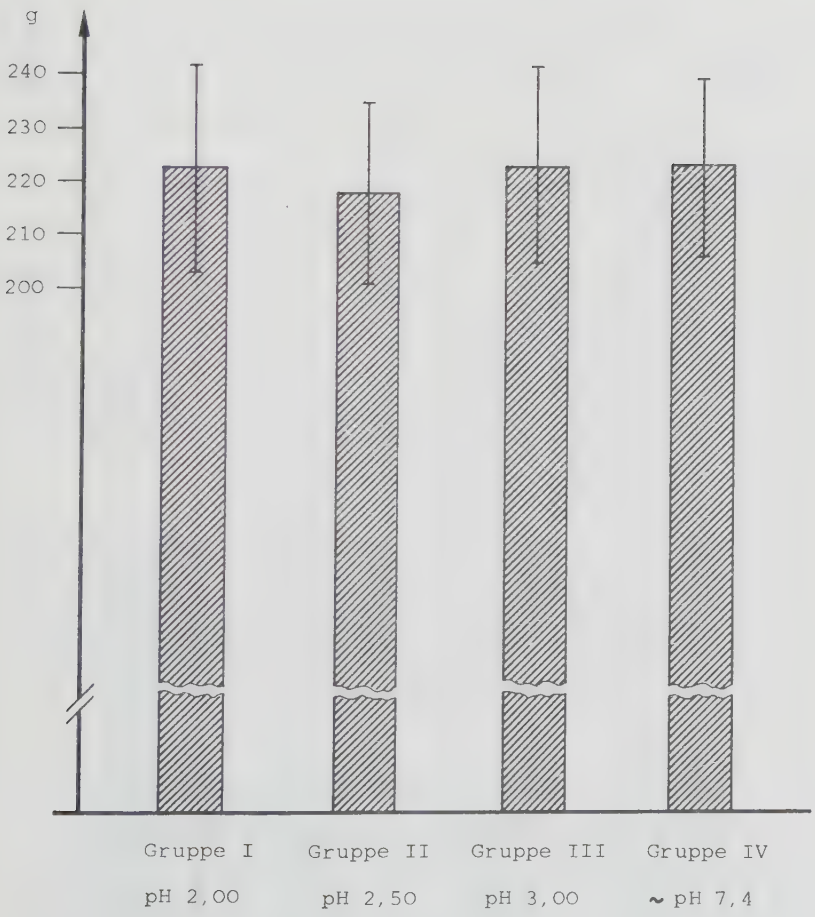


Abb. 13

Die Mittelwerte der Gewichte der Ratten der Gruppen I - IV bei Versuchsende.

3.3.4. Anzahl und Verteilung der kariösen Läsionen

Die Anzahl der Molaren, die von Karies befallen waren, sind in Tabelle 4 wiedergegeben. Die Zahlen beziehen sich jeweils auf einen Käfig, also auf 5 Tiere, mit Ausnahme des Käfigs II/5, der nur vier Ratten enthielt.

Schon in Tabelle 4, mehr aber noch in der graphischen Darstellung der Abbildung 14 fällt auf, daß sich in der Gruppe I deutlich mehr Karies fand als in den anderen Gruppen. Die statistische Auswertung ergab auch hochsignifikante Unterschiede, auf dem 99,5 %-Niveau der Verläßlichkeit liegend, zwischen dieser Versuchsgruppe und der Kontrollgruppe.

Die Unterschiede der Gruppen II und III zur Kontrollgruppe müssen als zufällig angesehen werden. Auffällig sind hier die hohen Standardabweichungen, die Ausdruck der relativ großen Streuung der Meßwerte in den Versuchsgruppen sind.

Diese starke Streuung der Karies in den Versuchsgruppen mit mittleren pH-Werten ist schwer zu deuten. Offensichtlich wirkt die Ansäuerung hier noch so unterschwellig, daß signifikante Differenzen nicht erreicht werden. Möglicherweise spielen individuelle Dispositionen der Tiere eine Rolle, die im Sinne eines multifaktoriellen Geschehens die starken Unterschiede hervorrufen.

Tabelle 4

Anzahl der unteren Molaren mit kariösen Läsionen

Rattengruppen	Anzahl der Zähne	$\bar{x}$ (z)	s	w
I/ 1	15	19,40 (20)	2,70	0,5%
2	20			
3	22			
4	21			
5	19			
II/ 1	7	12,80 (13)	5,31	(25%)
2	8			
3	17			
4	19			
5	13/4			
III/ 1	11	12,40 (11)	4,22	(25%)
2	7			
3	11			
4	18			
5	15			
IV/ 1	14	11,60 (12)	3,21	Bezugsgruppe
2	12			
3	7			
4	15			
5	10			

$\bar{x}$ = arithmetisches Mittel

z = Median

s = Standardabweichung

w = Irrtumswahrscheinlichkeit bei Signifikanzprüfung

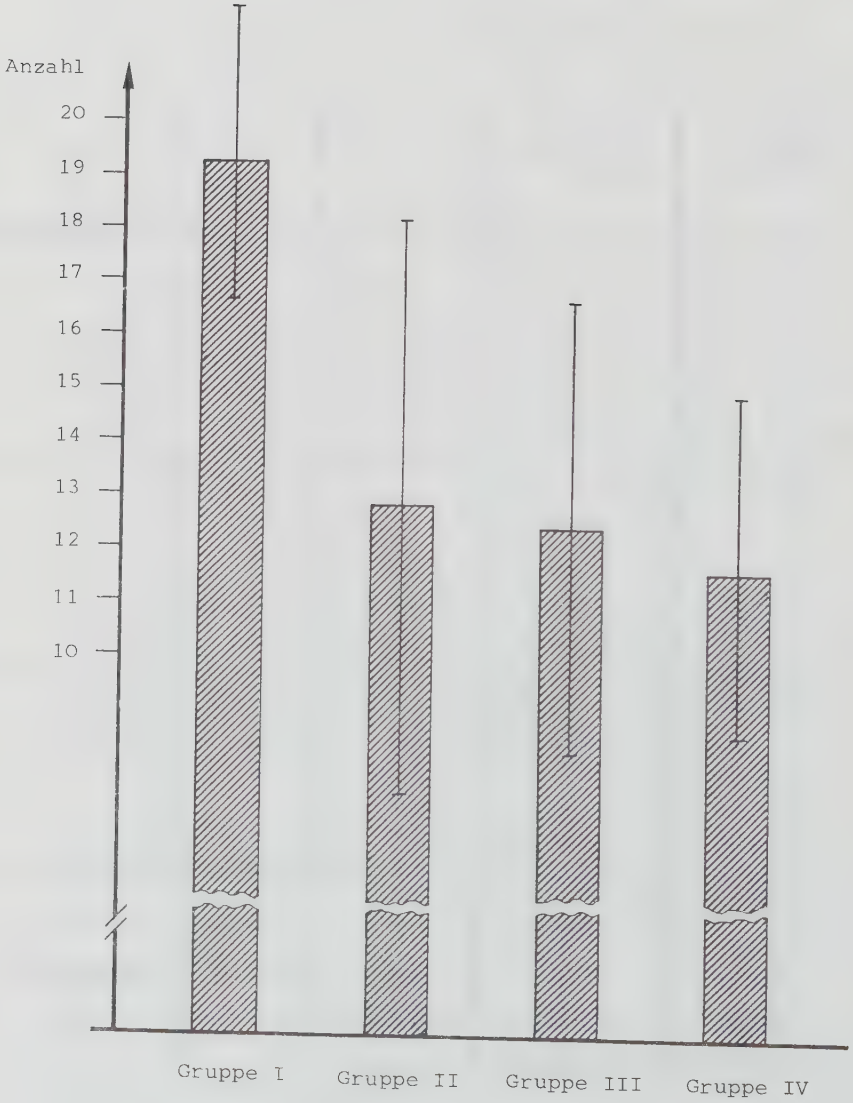


Abb. 14

Mittelwerte der kariösen Läsionen pro Käfig

In Abbildung 15 ist die statistische Verteilung der kariösen Molaren der einzelnen Gruppen um den Median herum (Balken) mit Standardabweichungen (Striche) dargestellt. Wäre die Karies normal verteilt, müßten die Balken um den Zentralwert herum symmetrisch sein.

Es ist erkennbar, daß die Verteilung zwar als relativ normal anzusehen ist, die großen Standardabweichungen sprechen aber für einen flachen Verlauf der glockenförmigen Verteilungskurve mit entsprechend geringer Wahrscheinlichkeitsdichte der einzelnen Meßwerte (CLAUSS und EBNER 1971).

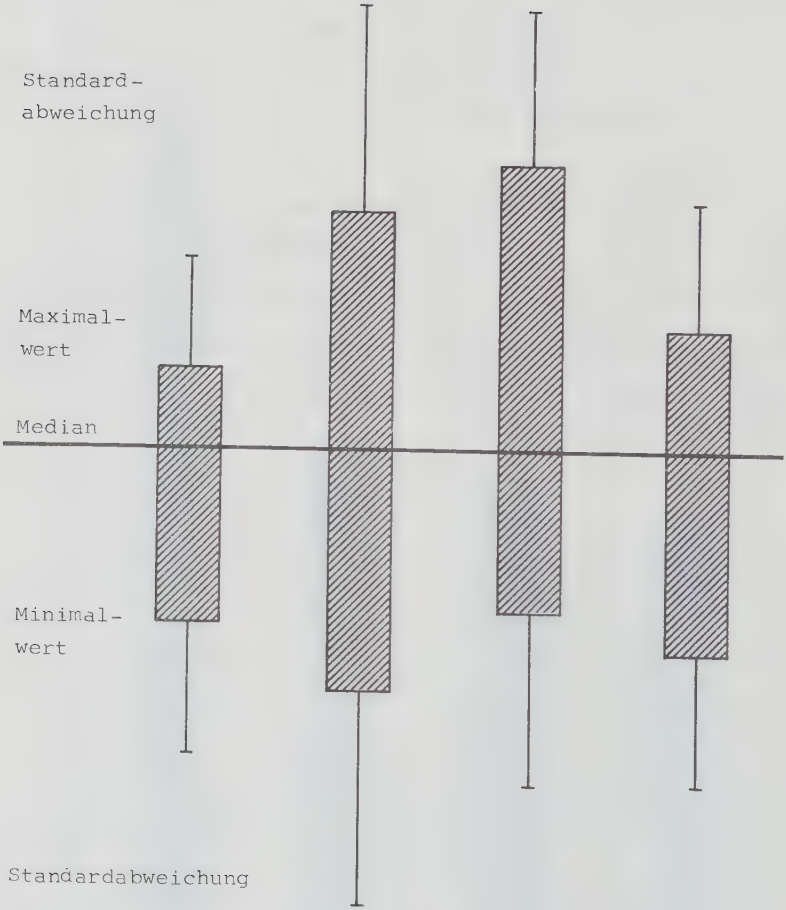


Abb. 15

Statistische Verteilung der Anzahl der Karies

Die nachfolgenden Abbildungen 16 - 23 zeigen jeweils typische Unterkieferpräparate aus den einzelnen Gruppen in jeweils 2 Ansichten.

Gut sichtbar sind teils verfärbte, teils kariös veränderte Fissuren mit eingebissenen Nahrungsresten. Abgebrochene Höcker, verlorengegangene Zähne, freiliegende Furkationen etc. wurden in keinem Falle diagnostiziert.

Es war auch regelmäßig unmöglich, mit der Sonde über eine Karies in die Pulpa vorzudringen, so daß mit der im Tierversuch gebotenen Vorsicht wohl die Aussage gewagt werden kann, daß keines der untersuchten Tiere pulpitische Beschwerden hatte.

Die Karies war regelmäßig occlusal-fissural lokalisiert, Approximal- oder Glattflächenkaries kam nicht vor. Ebenfalls fehlten Säureerosionen der Lingualflächen.

Die Parodontien erwiesen sich als durchweg gesund. Parodontale Taschen waren nirgends zu sondieren. Entzündungen und Abszesse fehlten völlig. In keinem Fall hatte sich ein Tier Nahrungsreste oder Haare in das marginale Parodont eingebissen.

Abb. 16

Abb. 17

Typisches Präparat aus Gruppe I Nr. 3 (=attu p).

Karies an links M2 und rechts M1, M2, M3

Abb. 18

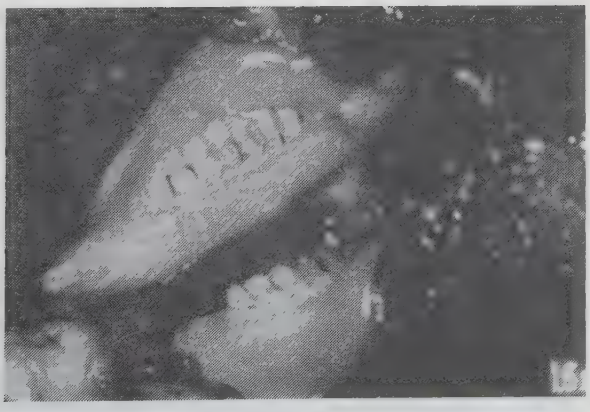


Abb. 19

Typisches Präparat aus Gruppe II Nr. 4 (Ratte A).
Karies an links M2, M3 und rechts M1

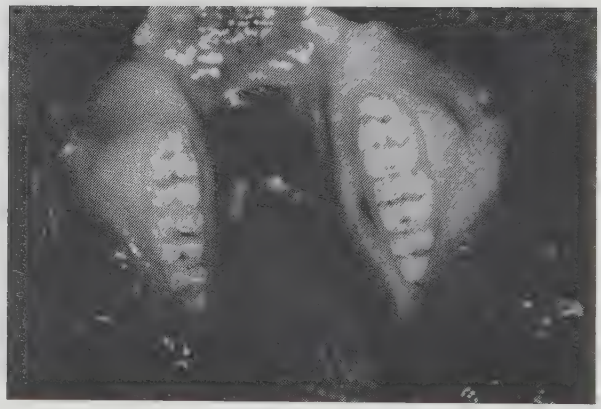


Abb. 20

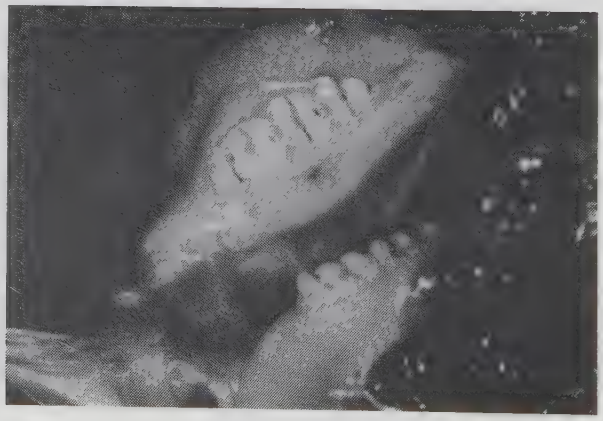


Abb. 21

[illegible] Gruppe [illegible] (Paar D).
[illegible] rechts [illegible]

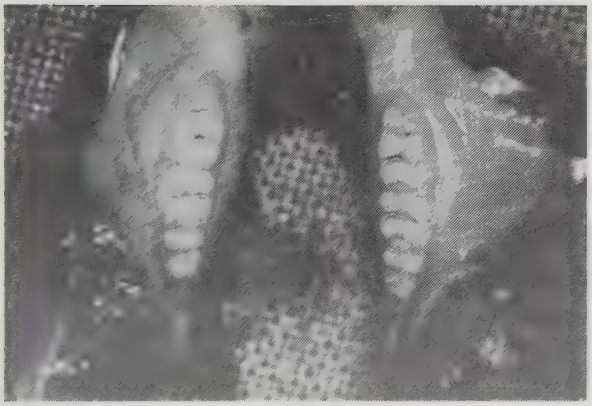


Abb. 22

Abb. 23

Typisches Präparat aus Gruppe IV Nr. 2 (Ratte B).

Karies an links M1 und rechts M1

3.3.5. Gesamtkeimzahlen

Die Ergebnisse der Keimzahlbestimmungen sind in den Tabellen 5 - 8 aufgeführt. In dem angesäuerten Wasser sind unter Versuchsbedingungen so gut wie keine Keime gewachsen. Es traten vereinzelt Kolonien auf, ein gewisser Anstieg von Gruppe I nach Gruppe III ist sichtbar. Insgesamt muß wohl dieses Keimwachstum als ein Artefakt angesehen werden, der durch Kontamination der Agar-Platten beim Verspateln der Proben entstanden ist.

Anders dagegen sind die Verhältnisse bei der Kontrollgruppe, die mit Leitungswasser getränkt wurde (Tabelle 8). Hier konnten schon nach 24 h Inkubation in jedem Falle Kolonien nachgewiesen werden.

Allerdings erfolgte das Wachstum sehr unterschiedlich. Die Werte nach 24 h lagen zwischen 1 und über 100 Kolonien, die nach 48 h zwischen 4 und weit über 1000 Kolonien. Eine Systematik ist nicht erkennbar. Auch die unterschiedlichen Bebrütungstemperaturen beeinflussen offenbar das Wachstum der Kolonien nicht.

Tabelle 5

Gesamtkeimzahlen des Tränkwassers pH 2,00 nach 24 und 48 Stunden Bebrütung bei 22° und 37 °C

Versuchstag		Kolbenwasser pH 2,00		Gruppe I/1		Gruppe I/2		Gruppe I/3	
		22°C	37°C	22°C	37°C	22°C	37°C	22°C	37°C
39.	Beginn								
40.	1.Ansatz	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.Ansatz	-	-	-	1	-	-	-	-
41.	1.Ansatz	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.Ansatz	-	-	-	2	-	-	-	-
40.	Beginn								
41.	1.Ansatz	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.Ansatz	-	-	-	-	-	-	-	-
42.	1.Ansatz	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.Ansatz	-	-	-	-	-	-	1	1
41.	Beginn								
42.	1.Ansatz	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.Ansatz	-	-	-	-	-	-	-	-
43.	1.Ansatz	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.Ansatz	-	1	-	-	-	-	-	-
42.	Beginn								
43.	1.Ansatz	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.Ansatz	-	-	-	-	-	-	-	-
44.	1.Ansatz	-	-	-	1	-	-	-	-
	2.Ansatz	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabelle 6

Gesamtkeimzahlen des Tränkwassers pH 2,50 nach 24 und 48 Stunden Bebrütung bei 22° und 37 °C

Versuchstag		Kolbenwasser pH 2,50		Gruppe II/1		Gruppe II/2		Gruppe II/3	
		22°C	37°C	22°C	37°C	22°C	37°C	22°C	37°C
39.	Beginn								
40.	1.Ansatz	-	-	-	-	4	-	-	-
	2.Ansatz	-	-	-	-	-	-	-	-
41.	1.Ansatz	-	-	-	-	6	-	-	-
	2.Ansatz	-	-	-	-	-	-	-	-
40.	Beginn								
41.	1.Ansatz	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.Ansatz	-	-	-	-	-	-	-	-
42.	1.Ansatz	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.Ansatz	-	-	-	-	-	-	-	-
41.	Beginn								
42.	1.Ansatz	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.Ansatz	-	2	-	-	-	8	-	-
43.	1.Ansatz	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.Ansatz	-	2	-	-	-	11	-	-
42.	Beginn								
43.	1.Ansatz	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.Ansatz	-	-	-	-	-	-	-	-
44.	1.Ansatz	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.Ansatz	-	-	2	-	-	-	-	-

Tabelle 7

Gesamtkeimzahlen des Tränkwassers pH 3,00 nach 24 und 48 Stunden Bebrütung bei 22° und 37 °C

Versuchstag		Kolbenwasser pH 3,00		Gruppe III/1		Gruppe III/2		Gruppe III/3	
		22° C	37° C	22° C	37° C	22° C	37° C	22° C	37° C
39.	Beginn								
40.	1.Ansatz	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.Ansatz	-	-	-	-	-	-	-	-
41.	1.Ansatz	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.Ansatz	-	-	-	11	-	-	-	-
40.	Beginn								
41.	1.Ansatz	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.Ansatz	-	18	-	-	-	-	-	-
42.	1.Ansatz	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.Ansatz	-	32	-	-	-	2	-	-
41.	Beginn								
42.	1.Ansatz	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.Ansatz	-	-	-	-	-	-	-	-
43.	1.Ansatz	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.Ansatz	-	-	-	8	-	-	-	-
42.	Beginn								
43.	1.Ansatz	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.Ansatz	-	-	-	-	-	-	-	-
44.	1.Ansatz	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.Ansatz	-	4	-	-	-	-	-	-

Tabelle 9

Gesamtkeimzahlen des Tränkwassers der Kontrollgruppe nach 24 und 48 Stunden Bebrütung bei 22° und 37 °C

(Werte über 1000 sind geschätzt; erfolgt die Angabe in Zehnerpotenzen, so sind die Werte nach weiterer Verdünnung der ausgespatelten Menge in dieser Potenz ermittelt worden)

Versuchstag		Gruppe IV/1		Gruppe IV/2		Gruppe IV/3	
		22°C	37°C	22°C	37°C	22°C	37°C
39.	Beginn						
40.	1. Ansatz	54	1	43	116	91	16
	2. Ansatz	12	19	19	44	60	84
41.	1. Ansatz	724	4	811	1200	1200	311
	2. Ansatz	432	83	754	308	432	1000
40.	Beginn						
41.	1. Ansatz	92	26	16	111	14	8
	2. Ansatz	27	11	43	67	213	82
42.	1. Ansatz	103	760	204	103	78_4	448
	2. Ansatz	564	244	1200	332	10^4	306
41.	Beginn						
42.	1. Ansatz	9	16	1	4	232	70
	2. Ansatz	13	28	23	26	44	19
43.	1. Ansatz	386	132	16	228	1800	323
	2. Ansatz	445	531	492	730	611	830
42.	Beginn						
43.	1. Ansatz	4	84	54	111	19	4
	2. Ansatz	56	18	8	183	16	112
44.	1. Ansatz	48	316	623	468	274	86_3
	2. Ansatz	175	130	412	1400	84	10^3

4. Diskussion

Die Versuche haben ergeben, daß alle Ratten nach 24-wöchiger Versuchsdauer Schäden an den Zähnen durch Karies erleiden. Erkrankungen des marginalen Parodontiums traten dagegen nicht auf.

Diese Ergebnisse decken sich nur zum Teil mit den Angaben in der Literatur. TOLO und ERICHSEN (1969) hatten in ihrer Untersuchung keine kariösen Veränderungen gefunden, was aber eher an der zweifelhaften Untersuchungsmethode gelegen zu haben scheint.

Wie berichtet, hatten die Autoren die mesio-distale Ausdehnung der Molaren vermessen und dabei keine Veränderungen gefunden.

Diese Vorgehensweise erscheint zunächst plausibel, weil Mesialisierungen der Molaren bei Verlust der approximalen Kontakte, z.B. durch Karies, bei Menschen bekannt sind. Sie vernachlässigt aber die Untersuchungen von KÖNIG (1966) und anderen Autoren, nach denen - wie selbst gefunden - die Prädilektionsstellen der Karies bei Ratten vor allem okklusal liegen und eine Approximalkaries, die zu Mesialisierungen führen könnte, außerordentlich selten ist. Im übrigen bedürfte es des Nachweises, daß angesichts der anatomisch stark abweichenden Ver-

hältnisse zwischen Menschen und Ratten bei letzteren auch tatsächlich Mesialisierungen der distalen Molaren nach Kontaktpunktverlust auftreten.

Unter diesen Gesichtspunkten sollte die vielzitierte Arbeit von TOLO und ERICHSEN, nicht nur wegen der geringen Anzahl der untersuchten Tiere, mit Skepsis beurteilt werden.

Ein anderes Extrem der Befunde stellt die Arbeit von BÖSSMANN et al. (1981) dar. Hier ist zu berücksichtigen, daß die dramatischen Befunde insgesamt an senilen Ratten erhoben wurden und eine normal getränkte Vergleichsgruppe gefehlt hat. Es muß hier wohl mit SCHOUR und MASSLER (1949) eingewendet werden, daß Zahnverluste und freiliegende Furkationen bei der Ratte nur altersbedingt, verursacht durch die Zementapposition an das apikale Wurzeldrittel, eintreten.

Andere Befunde dieser Autoren sind ebenfalls schwer vorstellbar. So ist die völlige Abwesenheit der Karies bei senilen Ratten kaum zu erklären; auch das Auftreten von purulenten Pulpitiden nur durch das saure Trinkwasser und das harte Futter, ohne Einwirkung oder Miteinwirkung von Karies, ist eigenartig und kaum sinnvoll zu deuten.

Mehr Beachtung verdienen die akribischen Untersuchungen von KARLE et al. (1980), wenn auch die Einschätzung der Autorin

nicht uneingeschränkt geteilt wird.

So sind "Abätzungen" der Schmelzschicht bei den eigenen Untersuchungen nicht gefunden worden und auch eine Beeinträchtigung des allgemeinen Wohlbefindens der Tiere mit Gewichtsverlusten ist nicht beobachtet worden.

Die Ansäuerung des Tränkwassers verursacht zweifellos Schäden an den Zähnen der Ratten, so daß sie mit Bedacht vorgenommen werden muß, wenn das Wohlbefinden der Tiere nicht beeinträchtigt werden soll. Beträgt die Dauer der Ansäuerung lediglich 24 Wochen, so sind Werte der Ansäuerung von pH 2,00 als noch zulässig zu erachten. Es kommt dabei zwar zum vermehrten Auftreten von Karies; diese Läsionen beeinträchtigen die Tiere in ihrem Wohlbefinden aber nicht.

Sollen die Versuche länger ausgedehnt werden, ist größte Vorsicht angebracht. Zuverlässige Voraussagen über die Prognose kariöser Prozesse lassen sich nach den vorliegenden Befunden nicht treffen; hier wären weitere Untersuchungen erforderlich.

Überhaupt haben die Gesamtkeimzahlbestimmungen gezeigt, daß schon bei pH 3,00 kaum ein Keimwachstum zu verzeichnen ist. Dieser Säuregrad erscheint nach der vorliegenden Untersuchung ausreichend zu sein. Die Befunde decken sich jedoch nicht mit allen Angaben in der Literatur. Es kommt hier wohl auf die

spezifischen Hygieneverhältnisse in der jeweiligen Versuchstieranlage an.

Sind zentrale Tränkwasseranlagen vorhanden, liegen vermutlich schwierigere Bedingungen vor. Aufwendig individuell hergestelltes und dosiertes Tränkwasser gibt mehr Sicherheit bei der Konstanz des pH-Wertes, ist aber bei größeren Versuchsgruppen unwirtschaftlich. Dies gilt sowohl hinsichtlich der Hygienebedingungen als auch hinsichtlich der Einhaltung der pH-Werte, die wegen der komplizierten Meßapparaturen nur in relativ weiten Bereichen gesichert werden können. (THUNERT und HEINE 1975.)

Es kommt hier auf die Zusammenarbeit von Hygienikern und Tierexperimentatoren an. Die hygienischen Verhältnisse müssen so ausgelegt werden, daß nur geringe pH-Wert-Absenkungen zur Erzielung der Keimfreiheit erforderlich sind (pH 3,00) und die Experimentatoren müssen die Einhaltung dieser pH-Werte sicherstellen.

Die Untersuchungsergebnisse sprechen allerdings auch dafür, daß es einen kritischen pH-Wert gibt, bei dem die kariösen Läsionen signifikant höhere Werte erreichen. Dieser Wert liegt zwischen pH 2,50 und pH 2,00.

5. Zusammenfassung

Der Einfluß von mit HCl angesäuertem Tränkwasser auf die Zahnhartsubstanzen und die Parodontien der Unterkiefermolaren von 75 weiblichen HAN/WIST/BGA-Ratten wurde über die Dauer von 24 Wochen untersucht. Das Tränkwasser der Versuchsgruppen von je 25 Tieren war auf die pH-Werte 2,00, 2,50 und 3,00 eingestellt; die gleich große Kontrollgruppe erhielt unbehandeltes Leitungswasser.

Alle Ratten, auch die der Kontrollgruppe, entwickelten Karies; der kritische pH-Wert, bei dem signifikant höhere Anzahlen kariöser Molaren erreicht wurden, lag zwischen 2,50 und 2,00. Parodontopathien traten nicht auf.

Der Keimgehalt des angesäuerten Tränkwassers war verschwindend gering, im Leitungswasser fanden sich jedoch zahlreiche Keime. Nach diesen Untersuchungen ist die Säuerung bis zu einem pH-Wert von 3,00 einerseits ausreichend um die Verkeimung des Tränkwassers zu vermeiden, andererseits ist bei diesem Wert nicht mit Zahnschäden zu rechnen, die das Wohlbefinden der Tiere beeinträchtigen.

Die Ansäuerung des Tränkwassers hatte keinen Einfluß auf die Körpergewichte der Tiere bei Versuchsende und auf die über die Versuchszeit getrunkene Wassermenge.

LITERATURVERZEICHNIS

BÖSSMANN, K.; DEERBERG, F.; PREUSS, F.; REHM, S.
Dental and periodontal altcrations in aging Han: WIST rats.
In: Z. Versuchstierk. 23, 305 (1981)

CAFLISCH, J.
Beiträge zur normalen Histologie und Entwicklungsgeschichte des Dentins der Rattenmolaren.
Med. Diss. Zürich, 1939

CHRISTEN, H. R.
Grundlagen der allgemeinen und anorganischen Chemie.
Aaran 1971

CLAUSS, G.; EBNER, H.
Grundlagen der Statistik für Psychologen, Pädagogen und Soziologen.
Frankfurt a.M. und Zürich 1971

ERAUSQUIN, I.; MURUZABAL, M.
A method for root canal treatment in the molar of the rat.
Oral Surg. Med. Path. 24, 540 (1967)

FACHRICHTUNG VERSUCHSTIERKUNDE UND VERSUCHSTIERKRANKHEITEN DER FREIEN UNIVERSITÄT BERLIN (HRSG.) Tierlaboratorium 3, 1976

GORTNER, R. A.; PESTARSKI, J. S.; BIERI, J. G.; MCCAY, C. M. Factors influencing the destructive effects of acidic beverages on the teeth of white rats and hamsters. Arch. Biochem. 8, 405 (1945)

HALLMANN, L. Klinische Chemie und Mikroskopie. Stuttgart, New York 1980

FARRIS, E. J.; GRIFFITH, J. Q. The Rat in Laboratory and Investigation. Lippicott, Philadelphia, London and Montreal 1949

GRAUMANN, W. Zur Standardisierung des Schiffschen Reagens. Zschr. wiss. Mikrosk. 61, 225 (1953)

HABERMEHL, K.-H. Die Altersbestimmung bei der Ratte (Rattus norvegicus).
In: ders.; Die Altersbestimmung bei Versuchstieren. Berlin und Hamburg 1980

HARNDT, R. Die Kavitätenpräparation.
In: Praxis der Zahnheilkunde, A 9.
München, 1978

HILLER, H.H. Gebräuchliche Verfahren zur Futtersterilisation sowie physikalische Veränderungen des Futters durch die Sterilisation.
In: Fachrichtung Versuchstierkunde und Versuchstierkrankheiten der Freien Universität Berlin (Hrsg.).
Tierlaboratorium 1, 116 (1974)

HUNT, H. R.; HOPPERT, C. A.; ERWIN, W. C. Inheritance of susceptibility to caries in albino rats (mus norvegicus).
J. dent. Res. 23, 385 (1944)

JOHANSEN, E. A system of recording oral conditions and dental lesions in the live syrian hamster.
J. dent. Res. 32, 578 (1953)

JOHANSEN, E.; KEYES, P.H. — Production and evaluation of experimental animal caries : a review. In: Sognnaes, R. F., Ed. Advances in Experimental Caries Research, Washington, D.C., Amer. Ass. Adv. Sci., 1955

JUHR, N.-C. — Aufbereitung von Wasser für den Versuchstierbereich. In: Fachrichtung Versuchstierkunde und Versuchstierkrankheiten und die Zentralen Tierlaboratorien der Freien Universität Berlin (Hrsg.). Tierlaboratorium 7, 31 (1981)

JUHR, N.-C.; SPRANGER, A. HAAS, A. — Erhaltung der Trinkwasserqualität beim Verbrauch - Versuche zur "Tränkwasserkonservierung". In: Z. Versuchstierk. 19, 147 (1977)

KARLE, E. J.; GEHRING, F.; DEERBERG, F. — Trinkwasseransäuerung und ihre schmelzschädigende Wirkung auf Rattenzähne. In: Z. Versuchstierk. 22, 80 (1980)

KÖNIG, K. G. — Dental morphology in relation to caries resistance with special reference to fissures as susceptible. J. dent. Res. 42, 461 (1963)

KÖNIG, K. G. Möglichkeiten der Kariesprophylaxe beim Menschen und ihre Untersuchung im kurzfristigen Rattenexperiment. Bern 1966

LADEBURG, M.; JUHR, N.-C. Auswirkungen von HCl- und Peressigsäure-Tränkwasserzusatz auf den Zahnschmelz von Ratten. In: Fachrichtung Versuchstierkunde und Versuchstierkrankheiten und die Zentralen Tierlaboratorien der Freien Universität Berlin (Hrsg.). Tierlaboratorium 9, 233 (1984)

LANG, K. Zahnerosion durch saure Getränke? Medizin und Ernährung 3, 275 (1962)

LAUTERBACH, S.-M. Die plaque-azidogene Wirkung und das zahnerosive Potential einiger Süßgetränke und Mineralwässer. Berlin (Dissertation am Fachbereich Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Freien Universität Berlin) 1978

LAZZARI, E. P. (HRSG.) Dental Biochemistry. Philadelphiy 1976

MARTHALER, T. M.; KÖNIG, K. G.; MÜHLEMANN, H. R. Effects on rat molars of acid phospate solution and of intermittend sucrose feeting. Helv. odont. Acta 8, 96 (1964)

MC CLURE, F. J.; RUZICKA, S. J. The destructive effect of citrate vs lactate ions on rats' molar tooth surfaces, in vivo. J. dent. Res. 25, 1 (1946)

MULLER, R.F.; THOMAS, J. F.; DIUSE, A. G.; HODGE, H. C. Acid decalcifications of rat molar teeth in vivo. J. dent. Res. 28, 675 (1949)

MULLINK, J.W. M.A.; RÜNIKE, C. L. Reaction on Hexobarbital and Pathological Control of Mice Given Acidified Drinking-water. In: Z. Versuchstierk. 13, 196 (1971)

PILZ, W.; PLATHNER, C. H.; TAATZ, H. Grundlagen der Kariologie und Endodontie. München, Wien 1980

PREUSS, V. Makroskopische, stereomikroskopische und histologische Untersuchungen am Zahn, Parodont und Knochen von Unterkiefern seniler Han-Wistar-Ratten. Kiel (Inauguraldissertation zur Erlangung der Würde eines Doktors der Zahnheilkunde der Medizinischen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel) 1979

ROSEBURY, T.; KARSHAN, M.; FOLEY, G. Studies in the rat, of susceptibility to dental caries. III. The experimental production of typical dental fissure-caries and other lesions in rats, and preliminary studies of their etiology. J. dent. Res. 13, 379 (1933)

SAUERWEIN, E. Kariologie. Stuttgart 1974

SCHARMANN, W. Hinweise für die Narkose kleiner Laboratoriumstiere. In: Bundesgesundheitsamt Berlin (Hrsg.): ZVA-Informationen 17, 68 (1982)

SCHNEIDER, [illegible] Parodontologische Studie über geschlechts- und zuchtstammbedingte Merkmale in der Molarenregion der Albinoratte.
In: Z. Versuchstierk. 12, 137 (1970)

SCHÖNFELD, [illegible]; BÖSSMANN, K. Eine Methacrylateinbettung zur histologischen Untersuchung entkalkter wie auch unentkalkter Präparate von Zähnen mit umgebendem Parodont.
In: Dtsch. zahnärztl. Z. 35, 789 (1980)

SCHOUR, J.; MASSLER, M. The Teeth.
In: Harris, H.A.; Griffith, C.C.
The Rat in Laboratory and Investigation.
Lippicott, Philadelphia, London and Montreal 1949

SCHRANK, H. Ansäuerung von Trinkwasser.
In: Fachrichtung Versuchstierkunde und Versuchstierkrankheiten und die Zentralen Tierlaboratorien der Freien Universität Berlin (Hrsg.).
Tierlaboratorium 7, 43 (1980)

SEROTA, K. S.; JEFFCOAT, M. K.; KAPLAN, M. L. Intraoral Radiography of Molar Teeth in Rats.
In: Laboratory Animal Science 31, [illegible]

STEPHAN, R. M.; MILLER, B.F.
The effect of synthetic detergents on pH changes in dental plaque.
J. dent. Res. 22, 53 (1943)

THUNERT, A.; HEINE, W.
Zur Trinkwasserversorgung von SPF-Tieranlagen. III. Erhitzung und Ansäuerung von Trinkwasser.
In: Z. Versuchstierk. 17, 50 (1975)

TOBER-MEYER, B.; BIENIEK, H.
Zur Hygiene der Trinkflasche.
Vortrag, 14; Wiss. Tagung der Gesellschaft für Versuchstierkunde, Berlin 1976.
(unveröffentlichtes Manuskript)

TOBER-MEYER, B.; BIENIEK, H.
Does the acidification of drinking water with HCl have measurable effects upon the experimental animal (rat, rabbit)?
In: Z. Versuchstierk. 19, 326 (1977)

[illegible]; ERICHSEN, [illegible].
Acidified drinking water and dental enamel in rats.
In: Z. Versuchstierk. 11, 229 (1969)

UDES, H. Chemische Veränderungen bei der Futtersterilisation und ihre biologische Wirkung.
In: Fachrichtung Versuchstierkunde und Versuchstierkrankheiten der Freien Universität Berlin (Hrsg.).
Tierlaboratorium 1, 127 (1974)

UDES, H.; HILLER, H. H. Einfluß von Temperaturhöhe und Einwirkungszeit auf Nähr- und Wirkstoffgehalte von Versuchstierfutter bei der Dampfsterilisation.
Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 86, 130 (1973)

WIESMANN, E. Medizinische Mikrobiologie.
Stuttgart 1978

C\F-\F

1. Wasseranalyse (sog. Reinwasser)
der Berliner Wasserwerke

Entnahme		BEELITZHOF			JUNGFERNHEIDE		
Datum			1980			1980	
Temperatur	°C	11.6	12.1 (92)	12.6	10.0	11.8 (97)	13.6
pH-Wert		7.40	7.58 (23)	7.74	7.44	7.55 (24)	7.70
O_2	mg/l	6.2	7.4 (95)	8.8	6.5	8.6 (97)	10.8
CO_2 frei	"		15.5			17.1	
Gesamthärte	°d	12.8	14.4 (95)	15.9	19.0	21.1 (97)	22.6
Karbonathärte	"	10.4	11.2 (95)	12.6	9.8	11.3 (96)	12.6
Ca^{2+}	mg/l		93			144	
Mg^{2+}	"		4.1			7.4	
Na^+	"	33	44 (45)	58	36	44 (46)	51
K^+	"	2.2	3.0 (45)	4.0	5.9	6.7 (46)	7.2
Fe gesamt	"	0.00	0.03 (239)	0.22	0.00	0.03 (245)	0.15
Mn gesamt	"	0.00	0.00 (95)	0.00	0.00	0.00 (98)	0.00
NH_4^+ - N	"	0.00	0.01 (6)	0.03	0.00	0.00 (6)	0.00
NO_2^- - N	"	0.00	0.00 (6)	0.00	0.00	0.00 (6)	0.00
NO_3^- - N	"	0.5	0.6 (6)	0.7	0.6	0.9 (6)	1.1
Cl^-	"	34	56 (95)	79	59	87 (97)	76
SO_4^{2-}	"	63	72 (5)	79	110	159 (5)	187
PO_4^{3-} - P	"	0.03	0.05 (4)	0.08	0.00	0.03 (4)	0.07
F^-	"	0.18	0.20 (5)	0.20	0.18	0.23 (5)	0.30
SiO_2	"		12.5			6.0	
Gesamtrückstand	"	469	503 (44)	562	547	679 (47)	773
el. Leitfähigkeit	µS/cm	538	599 (23)	670	725	797 (24)	860
$KMnO_4$ - O	mg/l	2	3 (2)	3	3	3 (2)	3
CSB - O	"	7	9 (11)	12	8	10 (12)	13
UV-Extinktion	/m	7.6	9.1 (95)	10.0	8.2	9.5 (96)	10.6
		Min	Mit (n)	Max			

Entnahme		KLADOW			RIEMEISTERFENN		
Datum		1980			1980		
Temperatur	°C	11.2	11.4 (49)	11.8	10.6	10.8 (29)	11.0
pH-Wert		7.44	7.61 (22)	7.75	7.49	7.61 (13)	7.72
O_2	mg/l	7.6	8.3 (48)	9.6	8.5	9.6 (28)	10.5
CO_2 frei	"		12.2			15.3	
Gesamthärte	°d	14.3	15.6 (48)	16.8	17.8	18.5 (28)	19.6
Karbonathärte	"	9.8	10.4 (48)	11.2	10.6	11.0 (26)	12.3
Ca^{2+}	mg/l		105			134	
Mg^{2+}	"		5.2			3.4	
Na^{+}	"	21	36 (47)	50	22	24 (28)	25
K^{+}	"	1.6	1.9 (47)	2.5	2.3	2.4 (28)	2.6
Fe gesamt	"	0.00	0.01 (98)	0.10	0.00	0.00 (64)	0.05
Mn gesamt	"	0.00	0.00 (49)	0.00	0.00	0.00 (28)	0.00
NH_4^{+} - N	"	0.00	0.04 (6)	0.20	0.00	0.03 (4)	0.10
NO_2^{-} - N	"	0.00	0.00 (6)	0.00	0.00	0.00 (4)	0.00
NO_3^{-} - N	"	0.4	0.5 (6)	0.6	0.6	0.7 (4)	0.7
Cl^{-}	"	34	57 (49)	79	29	31 (28)	33
SO_4^{2-}	"	75	86 (6)	94	121	142 (4)	175
PO_4^{3-} - P	"	0.00	0.02 (3)	0.04	0.00	0.01 (2)	0.02
F^{-}	"	0.15	0.17 (6)	0.20	0.15	0.20 (3)	0.30
SiO_2	"		10.0			7.5	
Gesamtrückstand	"	430	508 (47)	632	499	553 (28)	635
el. Leitfähigkeit	µS/cm	542	612 (22)	672	580	635 (14)	858
$KMnO_4$ - O	mg/l	2	2 (2)	2	2	2 (2)	2
CSB - O	"	4	8 (10)	12	5	6 (7)	7
UV-Extinktion	/m	6.6	7.7 (48)	8.6	5.1	6.2 (27)	7.0
		Mit	Mit (n)	Max			

Die Seiten 96 bis 172 des Anhangs (Programm-Listing zum Ausdruck des Tränkwasserverbrauchs und Einzelmeßdaten des Tränkwasserverbrauchs) sind einzusehen im Originalexemplar der Dissertation in der Bibliothek des Fachbereichs Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Freien Universität Berlin, Aßmannshauser Straße 4 - 6, 1000 Berlin 33.

Danksagung

Herrn Prof. Dr. Dr. R. Harndt danke ich für die Überlassung des Themas und für die hilfsbereite Unterstützung bei dieser Arbeit.

Herrn Prof. Dr. Scharmann und seinen Mitarbeitern gilt mein Dank für die Anleitung bei den Tierversuchen und viele wertvolle Hinweise zu deren Durchführung.

Für ihre Hilfsbereitschaft danke ich weiteren Mitarbeitern des Bundesgesundheitsamtes, die zum Gelingen der Arbeit beigetragen haben, sowie den Mitarbeitern der Abteilung für Zahnerhaltung, insbesondere OA Dr. W. Hoefig, für viele wertvolle Anregungen bei der Endfassung des Manuskripts.

Lebenslauf

1949	Am 30. September 1949 wurde ich als Sohn des Technikers Helmut Richter und seiner Ehefrau Erna in Helmstedt geboren.
1956 - 1960	Besuch der Grundschule in Helmstedt.
1960 - 1966	Besuch der Mittelschule Helmstedt mit Abschluß Mittlere Reife.
1966 - 1969	Ausbildung als Elektriker bei den Braunschweigischen Kohlen-Bergwerken Helmstedt und anschließende, kurze Tätigkeit in dem erlernten Beruf.
1967 - 1969	Besuch der Berufsaufbauschule Helmstedt (Abendform) mit Abschluß Fachschulreife, Fachrichtung Technik.
1969 - 1972	Besuch des Braunschweig-Kollegs mit Abschluß Abitur.
1972 - 1978	Studium der Psychologie und der Erziehungswissenschaften, mit Studienschwerpunkt Erwachsenenbildung, an der Freien Universität Berlin mit Abschluß durch Erlangung des Grades eines Diplom-Pädagogen.
1978 - 1983	Studium der Zahnheilkunde an der Freien Universität Berlin.
1984	Am 26.3.1984 wurde mit die Approbation als Zahnarzt erteilt.

1984 Seit dem 1.12.1984 arbeite ich als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung für Zahnerhaltung und Parodontologie-Süd des Fachbereichs Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Freien Universität Berlin.

Papyrus-Druck GmbH Berlin ☎ 3416451
Dissertationen